

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**A Importância da Configuração do Espaço Urbano nas Cidades
Inteligentes: Aplicação ao Concelho de Sintra**

Daniel Filipe Gonçalves Campeão

Dissertação orientada pelo Prof. Doutor Jorge Rocha

Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e
Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento

2017

Universidade de Lisboa
Instituto de Geografia e Ordenamento do Território



**A Importância da Configuração do Espaço Urbano nas Cidades
Inteligentes: Aplicação ao Concelho de Sintra**

Daniel Filipe Gonçalves Campeão

Dissertação orientada pelo Prof. Doutor Jorge Rocha

Júri:

Presidente: Professor Doutor Nuno Manuel Sessarego Marques da Costa,
Professor Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do Território da
Universidade de Lisboa

Vogais:

- Professor Doutor Rui Pedro de Sousa Pereira Monteiro Julião,
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas da
Universidade Nova de Lisboa
- Professor Doutor Fernando Jorge Pedro da Silva Pinto da Rocha,
Professor Auxiliar do Instituto de Geografia e Ordenamento do
Território da Universidade de Lisboa

2017

Agradecimentos

Uma dissertação de mestrado, apesar de ser assinada em nome individual, é impossível que a mesma chegue a bom termo sem que haja a intervenção de terceiros. Serve o presente ponto para demonstrar a minha gratidão a todos aqueles que deram seu apoio nesta etapa da minha vida.

Quero agradecer à minha família, especialmente aos meus pais, pelo sacrifício, por terem aturado as minhas frustrações e incertezas, pelos valores, a vocês dedico este trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Jorge Rocha, pela magnífica orientação, pelas ideias e sugestões, pela dedicação, pela compreensão, pelo apoio e motivação, não existem agradecimentos suficientes.

Quero agradecer também àquela que durante 6 meses foi a minha segunda família, mais concretamente à equipa do Gabinete do Plano Diretor Municipal de Sintra, ao Tiago Trigueiros, por me ter dado a honra de integrar nesta maravilhosa equipa e pela confiança, ao Álvaro Terezo, pela partilha de conhecimentos científicos e experiência e acima de tudo pela boa disposição que me transmitiu todos os dias, às minhas colegas estagiárias, Mariana Garcia e Joana Branco, à Emília Santos, Ana Moura, Cármen Chiolas, Isabel Henriques, Manuel Espada, Sónia Barreira, José Silva, Vera Carvalho, Ana Costa, Bruno Durão e Miguel Tomás.

Quero também agradecer, aos professores, Doutor Paulo Morgado e Doutor Eusébio Reis, por terem feito parte da minha formação e pelo interesse nos SIG que em mim fizeram aflorar.

Deixo também um agradecimento especial à minha irmã, aos meus primos Ana e Ricardo, aos meus amigos de sempre, Nelson, Jeff, Gabriel e Sanclair, aos meus colegas de faculdade, Varela, Daniela, Ricardo, Mendonça, Teotónio, Marco, Bruno, Flávio, Diogo e Simão. Agradeço a todos pelos momentos de alegria e descontração.

Resumo

Vivemos numa era em que os sistemas de informação têm capacidade de ajudar a vida em comunidade para que se reduzam significativamente os desperdícios em recursos não renováveis, como são o tempo e a energia despendidos pela população no seu dia-a-dia.

As cidades, expoente máximo da vida em sociedade, com os recursos tecnológicos colocados ao seu serviço, tornam possível um ambiente humano, logo social, mais próximo da verdadeira e real sustentabilidade, suportada em padrões de prosperidade e salubridade que tornam as cidades mais inteligentes, condição para proporcionar uma melhor qualidade de vida aos seus cidadãos.

As cidades são por excelência, sistemas artificiais e complexos pelo que para a sua boa gestão é necessária uma contínua evolução no conhecimento, ou corre-se o risco de se repetirem os erros do passado.

Ainda não existe unanimidade na definição do que é realmente uma cidade inteligente, porém, objetivos e ideias fervilham em relação a esta abrangente temática.

Este é orientado para a importância da estrutura urbana no contexto das cidades inteligentes e a sua influência nas questões ligadas às definições das suas centralidades, padrões de mobilidade e localização.

A abordagem teórica às métricas utilizadas na medição dessas centralidades do ponto de vista do funcionamento da cidade é objeto em análise neste trabalho. Os parâmetros selecionados nesta análise são o **índice de alcance**, o **índice de linearidade**, a **centralidade *betweenness*** e o **índice gravítico**.

Para elaboração do cálculo dos parâmetros, foi utilizada uma ferramenta em ambiente de Sistemas de Informação Geográfica - ArcGIS™ Esri® - denominada *Urban Network Analyst*, juntamente com um modelo da distribuição da população pelo edificado, que foi utilizado posteriormente como peso no cálculo.

Foram também explicados os processos computacionais e matemáticos assim como as características da ferramenta utilizada.

Por fim teve lugar a análise dos resultados referentes aos parâmetros mencionados anteriormente sobre as cidades mais importantes do município de Sintra.

Palavras-chave: Cidades Inteligentes, Mobilidade Inteligente, Rede Urbana, Métricas das Redes.

Abstract

Nowadays we are living in an era, where the information systems have the capacity to help the life in community in several ways, for instance, the reduction of the non-renewable resources, like time and energy, spent by the population in their daily lives.

The cities are the main form of live in society, and with all the technological resources in our own service, it makes possible a human environment and social, close to a real sustainability, supported in prosperity and healthy patterns, which improves the city smartness, and as a consequence, provides a better life quality to their citizens.

The cities are for excellence, artificial complex systems, and for his good management, it is necessary an evolutional learning continuum, or else our future will just be the same, history will repeat by itself and the same mistakes from the past.

Universal definition about what a smart city is, is not yet consensual, however, ideas and objectives are seething in this overarching theme.

This study is aiming fundamentally to the importance of the urban structure in the context of the smart cities, and his influence in the centralities definitions, and mobility patterns and location.

The theoretical approaches of the used metrics, to measure the urban centralities, are the analysis object in this dissertation. The chosen measures were, the **reach index**, **straightness index**, **betweenness centrality** and the **gravitational index**.

To estimate the named metrics above, the tool used was the Urban Network Analyst, hosted in a Geographic Information System environment - ArcGIS™ Esri® - and a model of the distribution of the population by building used as a weight in the calculation.

This dissertation counts as well with the explanation of the computational processes and features that composes the tool used to run the model.

Lastly, took a place, the analysis to the results related to the metrics.

Key words: Smart Cities, Smart Mobility, Urban Network Analyst, Networks Metrics

Índice Geral

1	Introdução	1
1.1	Motivação e justificação do tema	1
1.2	Objetivos	4
1.3	Instituição	5
1.4	Estrutura da dissertação	6
2	A organização das cidades	9
2.1	A cidade como lugar central.....	9
2.2	Hierarquia das Cidades.....	12
2.3	A Cidade Ecológica	15
2.4	A Eco-Cidade.....	20
2.5	A Cidade enquanto sistema complexo	21
3	As Cidades Inteligentes	23
3.1	Cidade Digital (A cidade do amanhã)	23
3.2	A Cidade Inteligente	25
3.3	Cidade inteligente <i>versus</i> cidade digital.....	30
3.4	Modelo de cidade Inteligente	32
3.5	Como tornar uma cidade mais “inteligente”?	35
3.6	A Cidade Inteligente e a criação de novos valores.....	37
3.7	Avaliação do desempenho das cidades inteligentes.....	40
3.8	Sistemas de suporte ao planeamento em cidades inteligentes.....	47
3.9	A aplicação dos SIG nas Cidades Inteligentes.....	50
4	Mobilidade, Acessibilidade e Centralidade	55
4.1	Conceitos e Critérios	55
4.2	Métricas de acessibilidade e centralidade	58
4.2.1	Índice de Alcance.....	61
4.2.2	Índice Gravítico.....	62
4.2.3	Centralidade <i>Betweenness</i>	66
4.2.4	Índice de Linearidade	70
5	Dados e metodologia	72
5.1	Área de estudo	72

5.2	Dados de entrada	75
5.3	Aplicações informáticas.....	76
5.4	Metodologia	79
5.4.1	Peso do Edificado	80
5.4.2	Limiar da distância.....	81
5.4.3	Valor de Beta (β)	85
6	Análise de resultados	87
6.1	Métricas.....	91
6.1.1	Índice de Alcance.....	91
6.1.2	Centralidade Betweenness	96
6.1.3	Índice de Linearidade	100
6.1.4	Índice Gravítico.....	106
7	Considerações finais.....	113
	Referências Bibliográficas	119

Índice de Figuras

Figura 1.1 Estrutura da dissertação	7
Figura 2.1 Sistemas de CHRISTALLER dos lugares centrais em conformidade com os três princípios de localização: a) Regiões de mercado no sistema dos lugares centrais, b) Sistema dos lugares centrais orientado aos princípios do tráfego, c) Sistema dos lugares centrais desenvolvido em conformidade ao princípio de separação (fonte: CHRISTALLER, 1966)	10
Figura 2.2 A deriva do sistema de LÖSCH dos lugares centrais	12
Figura 2.3 Sistema de LÖSCH derivado dos lugares centrais com áreas de mercado divididos em cidades pobres e cidades ricas (fonte: LÖSCH, 1945)	13
Figura 2.4 Exemplo típico da regra da hierarquia relativa à dimensão das cidades (adaptado de PORTUGALI, 2011)	13
Figura 2.5 Sistema de LÖSCH dos lugares centrais modificada por ISARD (1956) com o resultado da distribuição da população (adaptado de PORTUGALI, 2011)	14
Figura 2.6 Modelo de BURGESS das zonas concêntricas	16
Figura 2.7 Modelo sectorial de HOYT	17
Figura 2.8 Modelo de múltiplos núcleos de ULLMANN e HARRIS	18
Figura 2.9 Modelo de MANN da estrutura urbana	19
Figura 2.10 Diferenças regionais de Chicago (HAGGETT, 1972)	20
Figura 3.1 Componentes básicas de uma (a) cidade digital e de uma (b) cidade inteligente	31
Figura 3.2 As componentes nucleares das cidades inteligentes (GIFFINGER et al., 2009)	34
Figura 3.3 Estrutura de percepção, definição, integração e difusão para as cidades inteligentes (THORNE & GRIFFITHS, 2014)	36
Figura 3.4 Estrutura de um SIG para a gestão das Cidades Inteligentes	51
Figura 3.5 Plataforma SIG e as suas abordagens no contexto das cidades Inteligentes	52
Figura 4.1 Alcance do edifício j na rede	62
Figura 4.2 A cidade de Manchester como superfície de acessibilidade (adaptado de NEWMAN, 2012)	64
Figura 4.3 Exemplo da centralidade <i>betweenness</i>	67
Figura 4.4 Vértice com grau reduzido com um elevado grau de centralidade <i>betweenness</i>	68
Figura 4.5 Grafo em estrela	69
Figura 5.1 Município de Sintra no Contexto da AML	73
Figura 5.2 Enquadramento geográfico das cidades para análise das métricas	74
Figura 5.3 Interface gráfico da ferramenta UNA na perspetiva do utilizador	77
Figura 5.4 Metodologia utilizada no apuramento das métricas de centralidade/acessibilidade	79
Figura 5.5 Tipos de raio; a) Raio com base na rede geométrica; b) Raio com base na distância euclidiana	83
Figura 5.6 Alcance da rede sem implementação de um novo troço de ligação (a) e alcance da rede com implementação de um novo troço (b)	84
Figura 6.1 Enquadramento da proposta de parque urbano para a praia das Maçãs	88
Figura 6.2 Área de influência do parque urbano da praia das maçãs	89
Figura 6.3 Comparação espacial dos resultados da seleção por localização	90
Figura 6.4 Comparação dos resultados em valores absolutos a) (indivíduos residentes por BGRI) versus b) (indivíduos residentes por edifício)	90
Figura 6.5 Índice de Alcance para Agualva Cacém	92

Figura 6.6 Índice de Alcance para Queluz-Belas e Massamá	93
Figura 6.7 Índice de Alcance para Algueirão - Mem Martins.....	95
Figura 6.8 Medida de FREEMAN (1977) “centralidade betweenness” para Agualva-Cacém...	97
Figura 6.9 Medida de FREEMAN (1977) “centralidade betweenness” para Queluz-Belas e Massamá	98
Figura 6.10 Medida de FREEMAN (1977) “centralidade betweenness” para Algueirão - Mem Martins	99
Figura 6.11 Índice de Linearidade do município de Sintra	101
Figura 6.12 Índice de Linearidade para Agualva-Cacém	103
Figura 6.13 Índice de Linearidade para Queluz-Belas e Massamá.....	104
Figura 6.14 Índice de Linearidade para Algueirão - Mem Martins	105
Figura 6.15 Índice Gravítico para o município de Sintra	107
Figura 6.16 Índice Gravítico para Agualva-Cacém	108
Figura 6.17 Índice Gravítico para Queluz-Belas e Massamá	110
Figura 6.18 Índice Gravítico Algueirão - Mem Martins	111

Índice de Quadros

Quadro 3.1 Modelo de Avaliação do desempenho das cidades inteligentes (adaptado de ZUCCARDI, MERLI & BONOLLO, 2014)	45
Quadro 3.2 Proposta para um novo avaliador do desempenho do modelo de cidade inteligente por ZUCCARDI, MERLI & BONOLLO (2014)	46
Quadro 5.1 Número de Alojamentos e Indivíduos residentes nas freguesias do município de Sintra (2011).....	75
Quadro 5.2 Processos computacionais da ferramenta UNA	77

Índice Remissivo

Abordagem ecológica	15	Indicadores das atividades	46
Análise de redes	58	Indicadores de efetividade	47
<i>Betweenness</i>	66	Indicadores de eficiência	47
Burgess	16	Indicadores de resultados	47
Caos	21	Índice gravítico	65
Centralidade	57, 67	Inovação	38
Christaller	9	Inovação tecnológica	45
Cidade digital	30, 56	Lei de Zipf	14
Cidade do conhecimento	57	Linearidade	71
Cidade inteligente	25, 30	Lösch	9
Cidade sustentável	27, 31	Mann	18
Cidade tecnológica	31	Medida de alcance	61
Cidade verde	57	Mobilidade inteligente	56
Cidades Digitais	23	modelo dos anéis concêntricos	9
Cidades do amanhã	23	Peso dos edifícios	81
Cidades económicas	20	Profundidade do desempenho	41
Complexidade	21	Sistema complexo	22
Consciência ambiental	38	Sistema de avaliação	40
Crescimento inteligente	48	Sistemas de apoio à decisão espacial	49
Eco-cidades	20	Sistemas de suporte ao planeamento	49
Eficácia	37	Sustentabilidade ecológica	45
Extensão do desempenho	41	teoria dos lugares centrais	9
Grandeza	45	Ullmann	17
Harris	17	Valor de beta	86
Hierarquia das cidades	13	Valor público	39
Hoyt	16	von Thünen	9
Impedância	81		

1 Introdução

1.1 Motivação e justificação do tema

De acordo com projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), pela primeira vez em 2008 foi atingido um marco histórico no mundo: A população rural igualou a população urbana.

No decorrer dos tempos o ser humano tem caminhado no sentido de adotar um estilo de vida mais urbano, a população tem deixado o campo e migrado para as cidades em busca de novas oportunidades de emprego, qualidade de vida e novas experiências sensoriais que já não são possíveis de adquirir em ambiente de ruralidade. As cidades exercem uma força gravitacional para jovens, pessoas com ambição, negócios e empresas (TOWNSEND, 2013).

Segundo TOWNSEND (2013) em 2050 a população urbana poderá aproximar-se dos 5,5 mil milhões de habitantes. Em 2100 a população mundial poderá ultrapassar os 10 mil milhões e cerca de 80% dessa população presumivelmente será na cidade.

O processo evolutivo da cidade baseia-se essencialmente na interação das pessoas com o meio, isto é, as pessoas encontram-se com amigos ou estranhos nas ruas, adquirem bens nos mercados, colaboram com empresas, e têm os seus momentos de lazer. Os objetivos das cidades contemporâneas são maximizar essas interações, e minimizar as fricções existentes.

É inegável que o mundo está a mudar e o rápido crescimento das áreas urbanas e suburbanas das cidades contemporâneas tem resultado numa série de problemas territoriais, sociais, económicos e ambientais, desafiantes para os planeadores e urbanistas (ROCHA, 2012).

As cidades têm um papel proeminente nesta nova forma de ver o mundo, já que são elas o palco de todas estas transformações. As pessoas estão novamente a reivindicar o seu papel no “centro do universo” e esta tendência pode ser notada em ações como movimentos de partilha, empreendedorismo (*startups*), auto fabrico,

projetos de apoio financeiro comunitário (*crowdfunding*), produção e consumo individual de energia, a cidadania participativa (orçamento participativo autárquico), entre outros exemplos.

A cidade inteligente é funcional, é transparente, a interação entre as pessoas e o meio que as rodeia é eficiente e eficaz na forma como gere os seus recursos, como valoriza os seus ativos, como mitiga as suas deficiências e promove a igualdade e a justiça social e económica do seu povo.

Os decisores políticos devem compreender este fenómeno e orientar as suas políticas para aqueles que são os verdadeiros protagonistas, neste caso os cidadãos. A mesma lógica também deve ser aplicada às soluções tecnológicas.

A revolução digital veio trazer uma nova dinâmica e uma nova forma de ver e planejar as cidades, assim como o surgimento de novas ideias, a onipresença das tecnológicas, promovem a ideia de que com pouco podemos fazer mais. (TOWNSEND, 2013).

As cidades inteligentes podem ser caracterizadas como lugares onde a presença das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) são orientadas para a resolução de antigos e novos problemas da urbanidade.

A cidade do presente tem capacidade para a gestão de um considerável volume de informação, tornado possível uma melhor compreensão das dinâmicas sociais económicas e ambientais.

As TIC têm um papel decisivo nesta mudança, com a redefinição da própria estrutura e rede urbana influenciando o comportamento dos seus agentes. As TIC proporcionam condições para a transparência e facilidade na perceção de padrões sociais, económicos e ambientais. Contudo o determinismo tecnológico não é a solução, pois as cidades são estruturas extremamente complexas sendo impossível a sua gestão e o seu controle na totalidade pois não existe tecnologia, por mais inteligente que seja, capaz de se sobrepor à ação do Homem e à sua capacidade de resiliência, imaginação e adaptação.

O objetivo da cidade inteligente passa por assegurar o seu crescimento sustentável e, naturalmente tornar-se mais resiliente, saudável, justa, conectada e habitável.

O tema cidade inteligente está na ordem do dia, tema este que abrange um vasto conjunto disciplinar. Opera nos mais diversos campos como mobilidade, ambiente, pessoas, modo de vida, governança e economia.

Esta dissertação tem o seu foco principal na importância da estrutura urbana e a sua influência nas questões ligadas aos padrões de mobilidade e localização.

O planeamento do território, urbanismo e a gestão das questões ligadas à estrutura urbana podem trazer benefícios ao nível da qualidade ambiental, qualidade de vida e bem-estar, redução dos custos económicos com a diminuição de fatores como a distância/tempo, resultando daqui uma maior disponibilidade para outras funções da população.

A rede urbana é o elemento que mais influência tem em processos de transformação do território, pois promove a conectividade o que facilita a mobilidade, a troca de bens e de informação, influi na estruturação da cidade, refletindo-se no comportamento e na dinâmica da sua população.

No passado recente, o esforço de construção de infraestruturas rodoviárias e a facilidade no acesso à aquisição do automóvel, levou a que na maioria dos países da Europa Ocidental alterasse a forma de como as pessoas se relacionam com o território. A oferta de emprego, de habitação e de espaços de lazer, faz com que se gere cada vez mais expectativas relativamente à capacidade de nos movermos (VIGAR, 2002).

As últimas décadas foram marcadas pelo crescimento significativo das viagens motorizadas, especialmente nas áreas metropolitanas e nos principais centros urbanos, assim como pela alteração dos padrões de mobilidade, fruto do desenvolvimento económico, tecnológico e social.

A melhoria das infraestruturas rodoviárias e o aumento significativo da taxa de motorização refletiu-se no crescimento das viagens, nomeadamente no seu aumento realizado em transporte individual e no decréscimo da utilização do transporte público e modos suaves.

O modelo de ordenamento do território assente na progressiva dispersão urbana de cariz residencial e na descentralização das atividades e serviços é uma tendência que se mantém e que tem vindo a contribuir para os padrões de mobilidade atuais.

A predominância de padrões de mobilidade assentes na utilização do transporte individual acarreta importante impacto, em especial no meio urbano ao nível da degradação da qualidade de vida da população, pela frequente ocorrência de congestionamentos e degradação do espaço público devido à sua apropriação pelo automóvel. Esta situação contribui para um decréscimo da qualidade ambiental, com repercussão na saúde humana através da deterioração da qualidade do ar e do aumento do nível de ruído.

1.2 Objetivos

O propósito desta dissertação é apresentar as potencialidades das métricas de redes, e como estas podem ser úteis no apoio a projetos de planeamento do território, no que diz respeito à definição das centralidades urbanas, e nos padrões de mobilidade e de localização.

Esta dissertação pretende também explicar o funcionamento processual, computacional e matemático da ferramenta, a qual demonstra algumas particularidades relativamente às ferramentas frequentemente utilizadas na análise de redes. Esta ferramenta é distinta pois permite acrescentar a variável do peso que o edificado exerce sobre rede. Neste caso, o peso associado aos edifícios foi a estimativa da distribuição da população por unidade habitacional. O processo de construção e cálculo da base relativa à distribuição da população pelo edificado habitacional foi concebido no âmbito desta dissertação, constituindo parte integrante da metodologia desenvolvida.

Posteriormente, a informação foi utilizada num exercício comparativo, em que o mesmo teve a finalidade averiguar as diferenças nos resultados obtidos num exercício de análises de proximidade, *i.e.*, a população servida por uma proposta de um parque

urbano junto à Praia das Mações utilizando a base da distribuição da população, comparativamente às subsecções estatísticas BGRI.

Este estudo é essencialmente de natureza metodológica, e foca-se na análise e apresentação dos resultados relativos às métricas de redes: **Índice de Alcance**; **Centralidade Betweenness**; **índice de Linearidade** e **Índice Gravítico**. Os resultados das métricas foram analisados em maior detalhe nos 4 centros urbanos mais importantes do município de Sintra, *i.e.*, Algueirão - Mem Martins; Agualva-Cacém; Queluz-Belas e Massamá.

1.3 Instituição

Esta dissertação foi desenvolvida entre 2 instituições, nomeadamente o instituto de Geografia e Ordenamento do Território da Universidade de Lisboa (IGOT-UL) e a Câmara Municipal de Sintra – Departamento de Urbanismo – Gabinete do Plano Diretor Municipal de Sintra (GPDM).

Parte desta dissertação foi desenvolvida no decorrer de um estágio curricular de 6 meses elaborado no GPDM da Câmara Municipal de Sintra. Esta estreita cooperação aluno-entidade-estabelecimento de ensino, permitiu que o acesso à informação fosse facilitado permitindo o desenvolvimento da estimativa da distribuição da população por unidade habitacional, que teve o apoio técnico imprescindível de Tiago Trigueiros do coordenador do GPDM.

É impossível não mencionar o apoio e a disponibilidade de Álvaro Terezo na ajuda da estruturação de ideias, partilha de conhecimentos científicos e experiências.

A partilha de conhecimentos científicos e empíricos é um fator importante para que o corpo do trabalho ganhe estrutura, e chegue a bom porto, o apoio e motivação de todos os integrantes da equipa do PDM de Sintra foi imprescindível: Emília Santos; Ana Moura; Cármen Chiolas; Isabel Henriques; Manuel Espada; Sónia Barreira; Joana

Branco; Mariana Garcia; José Silva; Vera Carvalho; Ana Costa; Bruno Durão; Miguel Tomás.

O processamento do modelo, e análise dos resultados foram preparados no IGOT-UL, mais concretamente na sala GEOMODLAB. Dado o volume de informação processado pelo modelo de cálculo, houve a necessidade de recorrer às *Workstations* da sala GEOMODLAB como modo de agilizar o processo, tendo sido aqui que se produziu o resultado final.

As etapas mencionadas tiveram o apoio imprescindível do Professor Doutor Jorge Rocha, orientador desta dissertação.

1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação está organizada em 6 capítulos. Os capítulos 1, 2, 3 e 4 são de natureza teórico-descritiva. O capítulo 1 corresponde à introdução do trabalho, objetivos e como a dissertação está estruturada.

O capítulo 2 refere-se à organização das cidades abordando o surgimento dos modelos clássicos relativos à sua estruturação.

O capítulo 3 introduz o tema das cidades inteligentes, explicando algumas das definições e abordagens propostas pelos autores que estudam o tema. É também abordado o conceito de cidade digital, o modelo de cidade inteligente; como tornar uma cidade mais inteligente, a criação de novos valores, métodos de avaliação para a cidade inteligente, sistemas de suporte ao planeamento para a cidade inteligente e, por fim, a aplicação dos SIG às cidades inteligentes.

O capítulo 4 remete para considerações de natureza teórica relativas à mobilidade, apresentando diferentes conceitos de mobilidade, acessibilidade, centralidades, o ponto seguinte descreve em detalhe as métricas de rede utilizadas neste trabalho.

O capítulo 5 corresponde à descrição das metodologias, dados utilizados no modelo de cálculo, as aplicações informáticas bem como uma breve apresentação da área de

estudo. O capítulo 6 remete à análise dos resultados finais e o capítulo 7 é dedicado às considerações finais.

O diagrama da **Figura 1.1** descreve sucintamente a estrutura da dissertação, integrando os respetivos capítulos e pontos abordados, assim como as suas conexões.

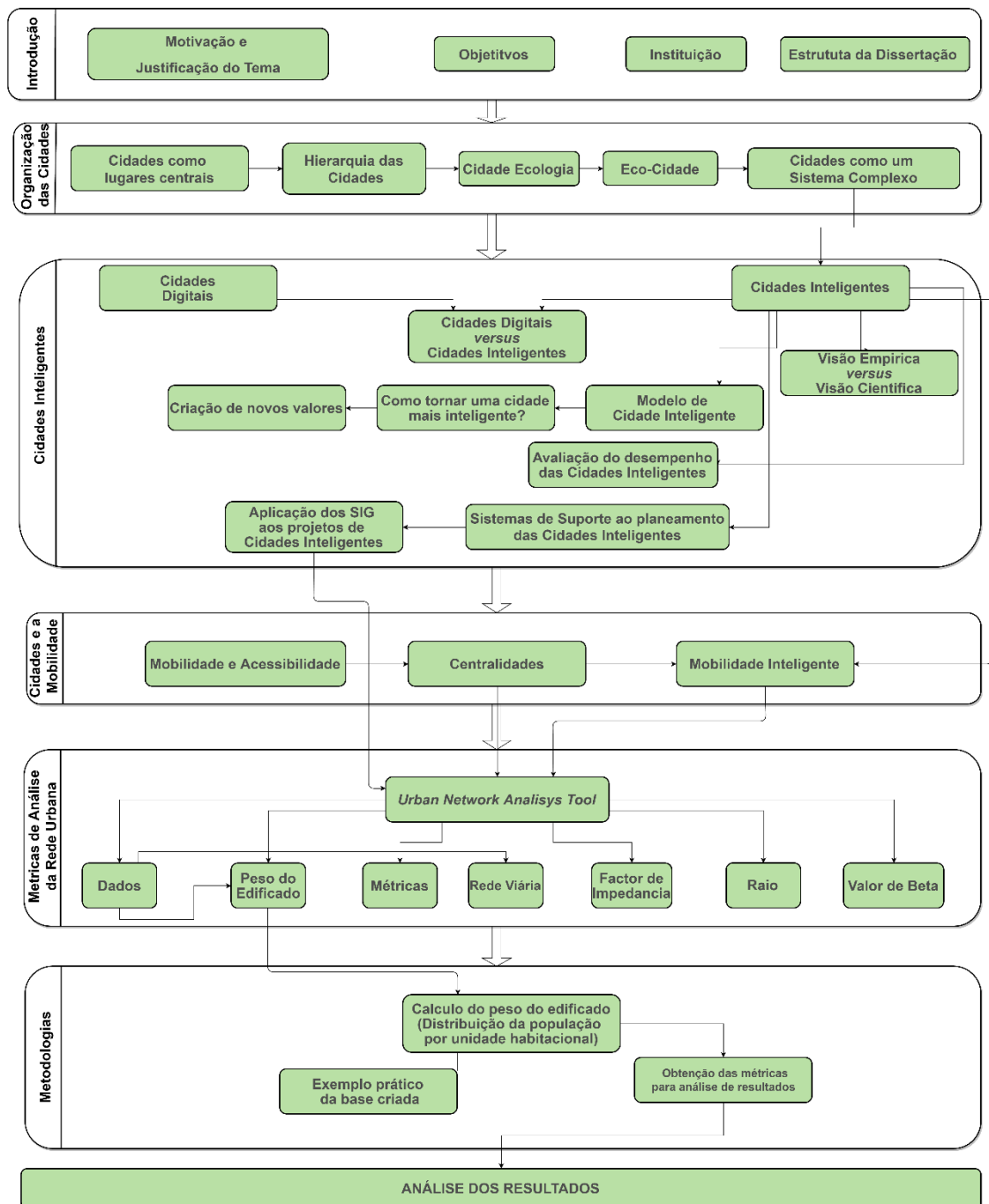


Figura 1.1 Estrutura da dissertação

2 A organização das cidades

2.1 A cidade como lugar central

O uso de modelos na investigação urbana remonta ao ano de 1826 com o modelo clássico de **VON THÜNEN** da localização agrícola (VON THÜNEN, 1826). No seu livro, “O estado isolado”, VON THÜNEN considerou as relações entre três fatores: a distância dos agricultores ao mercado, os preços dos bens e do solo. Com base numa análise econométrica das propriedades em Mecklenburg, no Norte da Alemanha, onde von THÜNEN desenvolveu as suas atividades agrícolas durante 40 anos, de 1810 até à sua morte em 1850, o autor colocou a hipótese de que a intensidade de uso da terra era inversamente proporcional ao custo de transporte ou à distância de mercado. No seu “estado isolado”, com apenas uma cidade central como mercado único e uma planície homogénea que a rodeava, a sua teoria gerou um padrão de uso do solo concêntrico com os usos menos intensivos, localizados a uma maior distância do centro da cidade (HENSHALL, 1967).

O **modelo dos anéis concêntricos** de VON THÜNEN inspirou modelos como a teoria dos lugares centrais: as cidades como lugares centrais das áreas agrícolas, e mediadores das áreas agrícolas e das cidades. A **teoria dos lugares centrais** foi desenvolvida em períodos distintos por **CHRISTALLER**, (1933, 1966) no seu trabalho sobre os “Lugares centrais no sul da Alemanha”, e por **LÖSCH** (1954) em “A economia da localização”.

A cidade detém os seus próprios níveis hierárquicos nos sistemas dos lugares centrais. Se VON THÜNEN descobriu a utilidade dos espaços periféricos, cinco décadas antes do surgimento dos modelos de CHRISTALLER e LÖSCH, os mesmos sugeriram um sistema genuíno décadas antes de BERTALANFFY (1968) publicar a “Teoria geral dos sistemas”. Nos modelos de CHRISTALLER e LÖSCH, a cidade era definida como uma “estrutura isolada”. CHRISTALLER criou um caso particular de um estado isolado, que incluía uma cidade com um centro geométrico e a sua dependência relativamente às áreas periféricas. Através desta premissa, o autor definiu 3 níveis hierárquicos de

lugares centrais: $k = 3$ mercado; $k = 4$ transportes e $k = 7$ princípios administrativos, no qual a população do seu estado hipotético, poderia consumir ou vender bens e serviços (Figura 2.1).

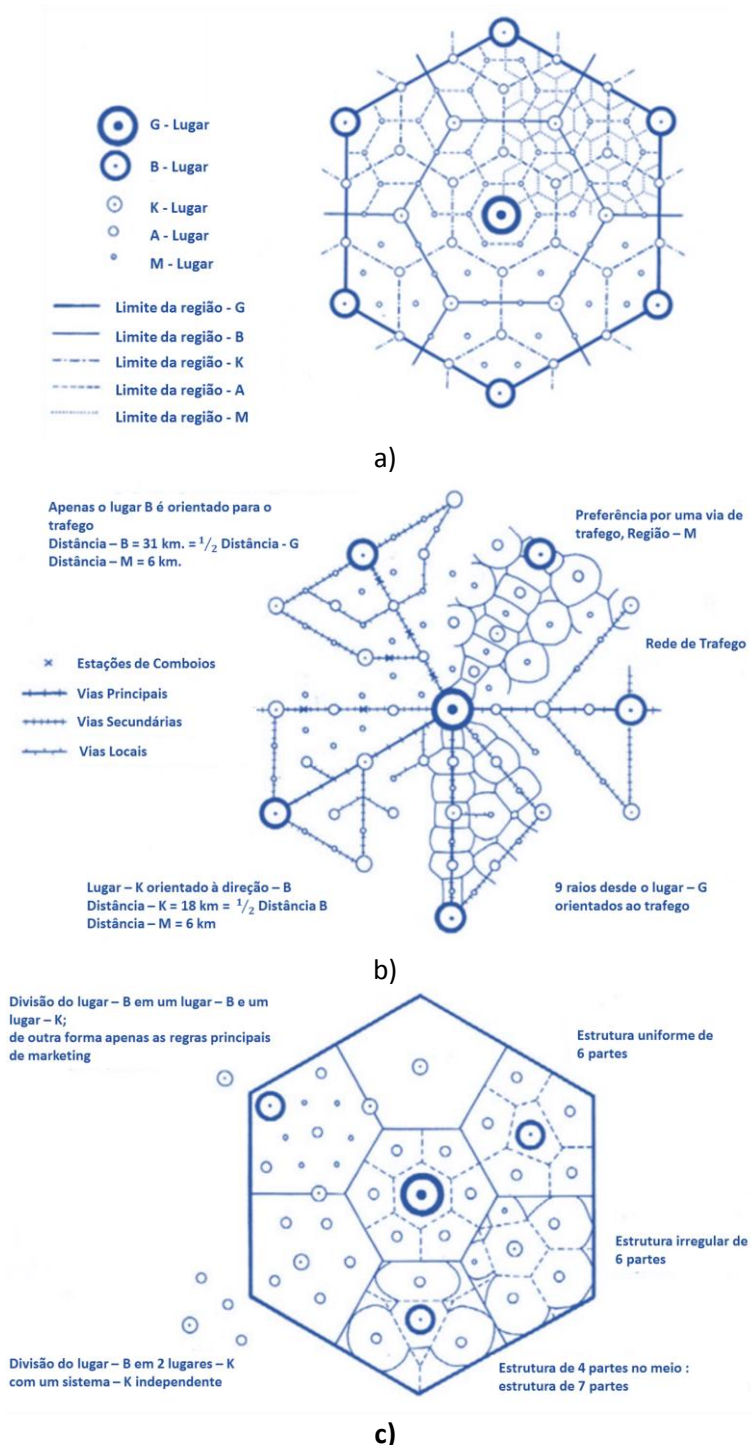


Figura 2.1 Sistemas de CHRISTALLER dos lugares centrais em conformidade com os três princípios de localização: a) Regiões de mercado no sistema dos lugares centrais, b) Sistema dos lugares centrais orientado aos princípios do tráfego, c) Sistema dos lugares centrais desenvolvido em conformidade ao princípio de separação (fonte: CHRISTALLER, 1966)

LÖSCH, por outro lado, propôs um conjunto de cidades ou estados isolados, num plano isotrópico onde assumiu que mediante a competição e o equilíbrio espacial geral do sistema, levaria a que essa região a uma fase posterior alcançasse um equilíbrio espacial na forma de um sistema complexo de lugar central. A **Figura 2.2**, descreve os vários estágios desse processo, em que:

a) Corresponde à curva de procura individual por cerveja. Se OP é o preço na destiladora, as pessoas que vivem em P vão certamente comprar as garrafas em PQ ;

b) O preço aumenta de acordo com a distância, já a procura assume o papel inverso, por outro lado em F não é possível a venda de cerveja. O ponto PF corresponde à extremidade do raio do total de vendas de cerveja que é igual ao volume do cone que resulta da rotação do triângulo PQF do eixo PQ ;

c) Corresponde ao desenvolvimento das áreas de mercado de um círculo maior para um pequeno hexágono. A dedução desta imagem seria relevante caso as regiões económicas fossem circulares, mas não é o caso, as extremidades entre os círculos não são totalmente contabilizadas, contudo esses limites podem ser comprimidos resultando numa rede hexagonal. Como consequência a curva da procura total será deslocada para um nível abaixo. O hexágono pode ter uma dimensão mais reduzida, até a curva do total de procura, alcançar a curva de suporte cobrindo a totalidade do mercado (LÖSCH, 1945).

Enquanto CHRISTALLER confinava a sua teoria às atividades terciárias, nomeadamente aos serviços. O foco de LÖSCH incidia sobre teoria geral da localização. Como consequência a paisagem urbana desse modelo apresenta uma maior complexidade devido à definição dos níveis hierárquicos e à distinção que o modelo faz entre os termos “cidade-pobre – cidade-rica”, *i.e.*, no que toca aos sectores de paisagem económica, existem as cidades que estão melhor ou pior fornecidas pelos serviços envolventes. De acordo com ISARD (1956), o modelo de LÖSCH é obtido a partir do modelo de CHRISTALLER (**Figura 2.2**).

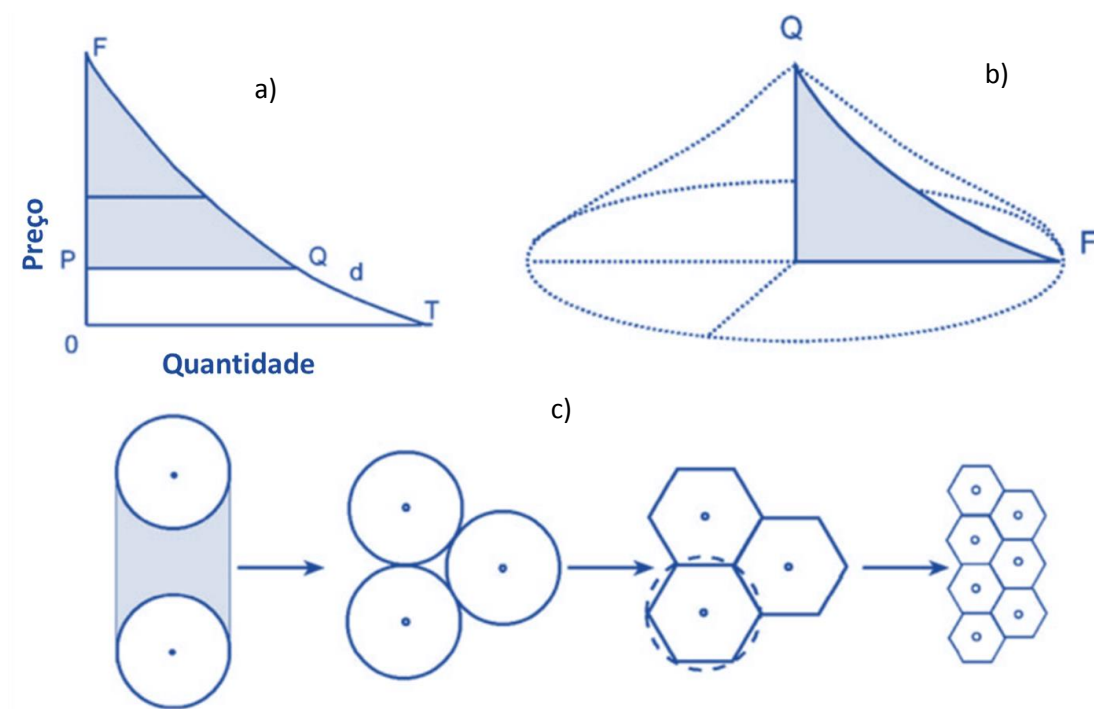


Figura 2.2 A derivação do sistema de LÖSCH a partir da teoria dos lugares centrais

2.2 Hierarquia das Cidades

Em 1913 FELIX AUERBACH geógrafo alemão, publicou um artigo que demonstrou a regularidade da distribuição das cidades, tendo a sua dimensão como fator preponderante. Este exercício foi realizado para vários países (Alemanha, Grã-Bretanha, Estados Unidos da América (EUA), Áustria e Rússia). A razão de ser desta publicação foi demonstrar que a distribuição do número de cidades é inversamente proporcional à sua dimensão, *i.e.*, as cidades distribuem-se de acordo com a sua dimensão, ou seja, num determinado estado a existência de cidades de dimensão elevada é reduzida, por vezes à unidade, e o número de pequenas e médias cidades é mais elevado (**Figura 2.3**).

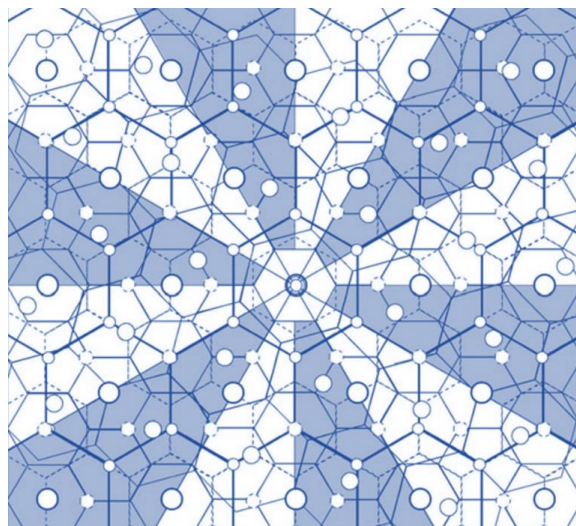


Figura 2.3 Sistema de Lösch derivado dos lugares centrais com áreas de mercado divididos em cidades pobres e cidades ricas (fonte: Lösch, 1945)

Na década seguinte, LOTKA (1924) matemático dos EUA, explicou a **hierarquia da** distribuição da população nas **cidades** num gráfico bi-logaritmico. PUMAIN (2006) que elaborou a sua pesquisa sobre as regras hierárquicas das cidades, referiu outros estudiosos do tema, em particular GIBRAT (1936) que incutira uma distribuição logarítmica normal. A **Figura 2.4** e a **Figura 2.5** ilustram alguns exemplos recentes desta afirmação, no entanto estes casos devem ser analisados com prudência, segundo, Soo (2005). Uma parte dos estudos de natureza empírica deste âmbito temático registaram variações em alguns dos casos analisados.

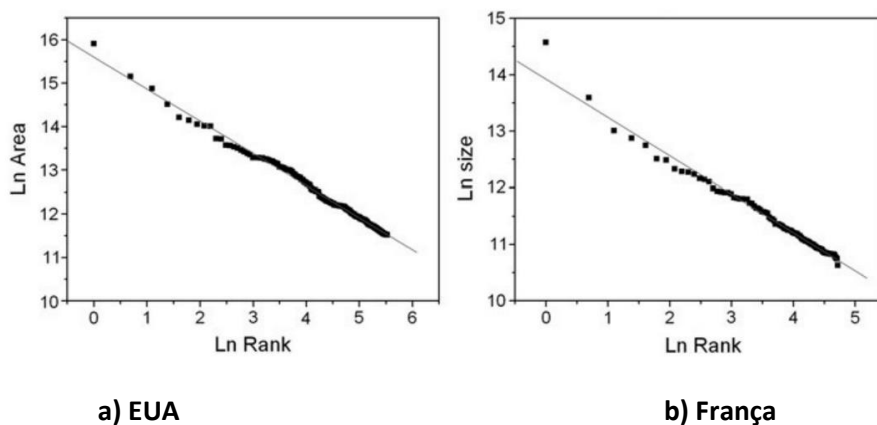


Figura 2.4 Exemplo típico da regra da hierarquia relativa à dimensão das cidades (adaptado de PORTUGALI, 2011)

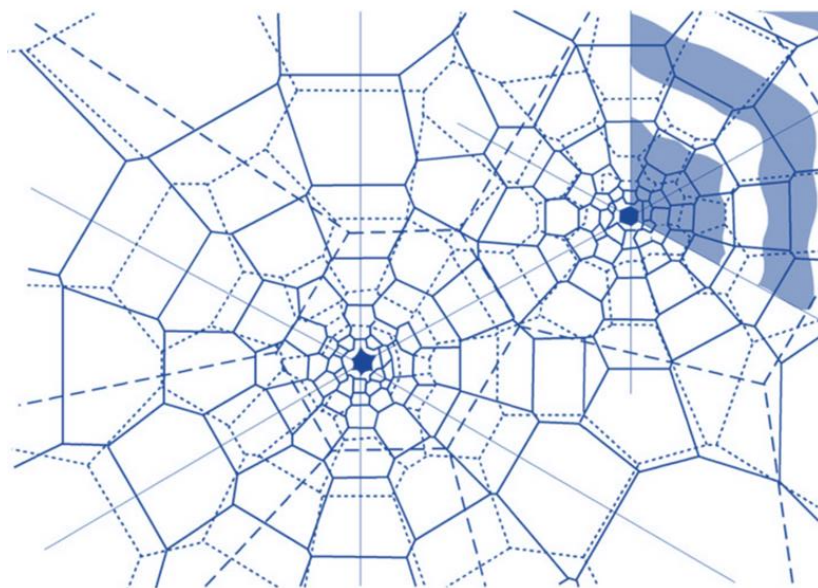


Figura 2.5 Sistema de Lösch dos lugares centrais modificada por ISARD (1956) com o resultado da distribuição da população (adaptado de PORTUGALI, 2011)

A noção de hierarquia aplicada por AUERBACH e por outros estudos pioneiros lembrou a teoria de CHRISTALLER da hierarquia dos lugares centrais. Tendo o modelo de AUERBACH sido descartado, sobre regularidade hierárquica das cidades, o autor desenvolveu a sua própria teoria sobre as cidades como lugares centrais, que apesar das críticas feitas ao modelo de CHRISTALLER, a ideia de AUERBACH não ficou esquecida.

Em 1949, GEORGE KINGSLEY ZIPF linguístico e filósofo de Harvard, demonstrou que a hierarquia da distribuição, de acordo com a dimensão, tipifica não apenas as cidades, mas toda uma gama de fenómenos. Através do mérito que a sua descoberta obteve, essa distribuição é atualmente denominada, **lei de ZIPF**.

Com os dados recolhidos referentes a 73 países e aplicando 2 métodos estimativos diferentes, foi concluído que a lei de ZIPF não se aplica a um conjunto de regiões. O trabalho de ZIPF, foi fonte de inspiração para uma extensa lista de outros estudos posteriores, relativos aos sistemas das cidades (BOURNE & SIMMONS, 1978).

Nos anos 1970 a ideia voltou a ser criticada por ser uma observação estatística desprovida de base teórica. Mais uma vez, foram desenvolvidas novas teorias no

contexto da complexidade aplicadas às cidades, devido à falibilidade dos modelos existentes anteriormente referidos.

Dessas novas teorias destacam-se a primeira propriedade das estruturas fractais; a propriedade central das cidades fractais (BATTY & LONGELY, 1994); as cidades auto-organizadas de BAK no campo das redes e cidades em rede como um sinal genuíno de auto-organização (BATTY, 2005).

2.3 A Cidade Ecológica

A **abordagem ecológica**, tal como a conhecemos hoje, teve a sua proveniência da Escola Ecológica de Chicago. O modelo de cidade ecológica assenta numa visão de um sistema caracterizado por ter uma população relativamente densificada. Essa população é composta por um grupo de comunidades segregadas em seus nichos espaciais. Cada uma dessas comunidades é motivada por um simples objetivo, o de sobreviver. Para tal existe a necessidade de que se formarem grupos sociais, em que o grupo mais poderoso toma uma posição vantajosa num determinado ambiente humano, e.g., melhor localização residencial (ROCHA, 2012). A interação desses grupos, tanto individualmente como no coletivo é o engenho por detrás da dinâmica deste sistema.

No livro “A cidade”, PARK (1925), concebido sobre um nível biótico e cultural, o autor refere que ao nível biótico a cidade é descrita em termos universais, por simbiose, competição, invasão, entre outros exemplos, ao nível cultural. A cidade é descrita em termos únicos, humanos, sociológicos, morais, políticos e religiosos.

No artigo “Urbanismo como modo de vida”, WIRTH (1938), elaborado sobre a visão do seu professor PARK, o autor descreve a sociedade em 3 pontos: Ecológico-bióticos, culturais e políticos. Sobre esta visão, o autor delineou a forma urbana assente em três princípios ecológicos: dimensão, densidade e heterogeneidade.

Na biologia ecológica e na análise morfológica, é providenciada uma base com o propósito de teorizar o entendimento dos mecanismos, bem como a formulação dos princípios gerais da ecologia urbana associada a um conjunto de estudos sobre a sua

morfologia. O primeiro e provavelmente a imagem/modelo ecológico que teve mais influência foi desenvolvido por **BURGESS**, (1927). A conceção deste modelo baseou-se em estudos de natureza empírica sobre Chicago, em que o autor descreve a cidade como uma entidade que se expande a partir do centro para a periferia, sendo que ao longo desse processo são formadas uma série de novas centralidades (**Figura 2.6**): zona central de atividades económicas (CBD), seguida de uma área de transição, caracterizada por ter uma forte componente residencial e volume de negócios. Mais adiante pode ser encontrada uma área da classe trabalhadora, classe média e uma zona de transição para os subúrbios. Este modelo baseava-se na noção de que vários elementos numa sociedade complexa e heterogénea disputavam ativamente pelos locais mais favoráveis dentro da cidade.

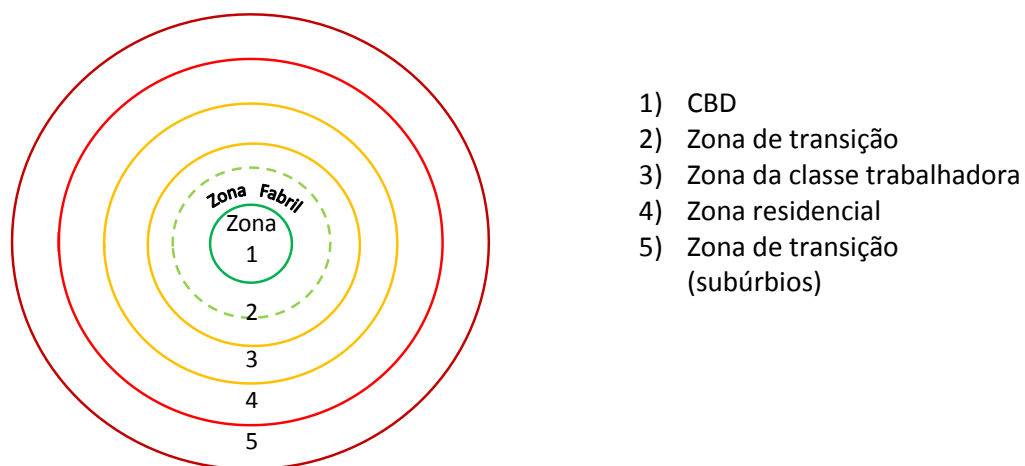


Figura 2.6 Modelo de BURGESS das zonas concêntricas

Apesar do modelo de BURGESS descrever um padrão ideal de organização urbana, o autor descurou alguns dos aspetos ambientais urbanos como a topografia, ou as redes de transporte que podem naturalmente causar atrito no padrão ideal (ROCHA, 2012).

O modelo de HOYT (1939) teve fundamento em estudos de carácter empírico sobre o gradiente de rendas e padrões residenciais. HOYT concebeu um modelo setorial no qual identificou uma cidade composta por áreas residenciais e não residenciais relativamente homogéneas, que se expandiam do centro para a periferia ao longo das vias principais e no decorrer desse processo eram formados padrões setoriais como

esquematiza a **Figura 2.7**. Para além da importância que Hoyt deu às vias de transporte, foram também considerados os efeitos topográficos e dos usos do solo. Com a limitação teórica associada ao modelo, HOYT sugeriu que se poderia esperar que as áreas residências de classe alta se expandissem ao longo de moldes estabelecidos de viagem na direção de um núcleo de edifícios existente (ROCHA, 2012).

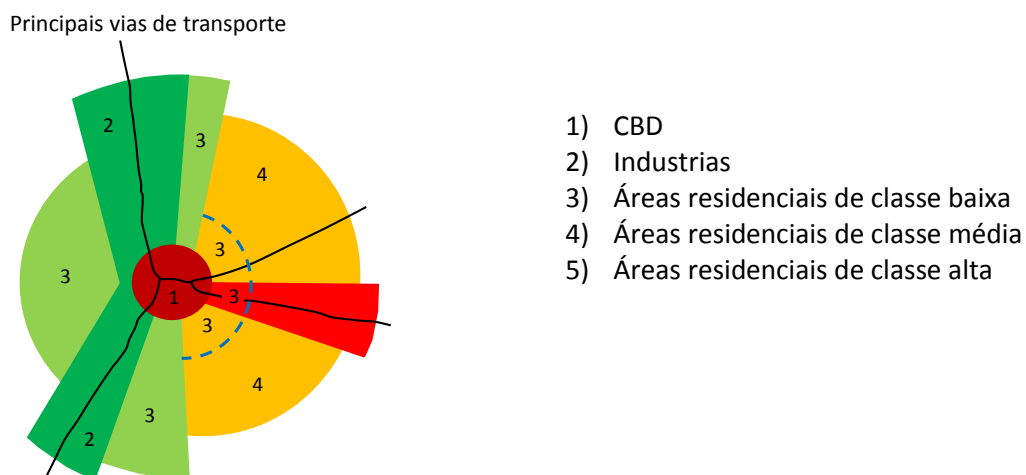


Figura 2.7 Modelo sectorial de HOYT

ULLMANN e HARRIS (1945) procuraram estabelecer um modelo mais realístico que os modelos de **BURGESS** e de **HOYT**, no entanto o resultado foi a produção de um modelo mais complexo (**Figura 2.8**) devido a essa complexidade associada, o mesmo tornou-se mais descritivo do que preditivo.

As conclusões que os autores retiraram do seu modelo foram que as cidades modernas apresentam uma estrutura mais complexa do que os modelos sugeridos por **BURGESS** e **HOYT**. Observaram que as cidades não se desenvolvem a partir do seu CBD mas a partir de um conjunto de núcleos independentes e cada um desses núcleos age como um ponto de crescimento urbano, desempenhando diferentes funções dentro da cidade.

Os autores concluíram ainda, que poderia ocorrer um crescimento centrífugo desses mesmos núcleos, até estes se conectarem a outros, produzindo um centro urbano mais extenso. No caso da cidade se tornar mais extensa e congestionada, algumas das suas funções naturalmente seriam alocadas para outro núcleo urbano.

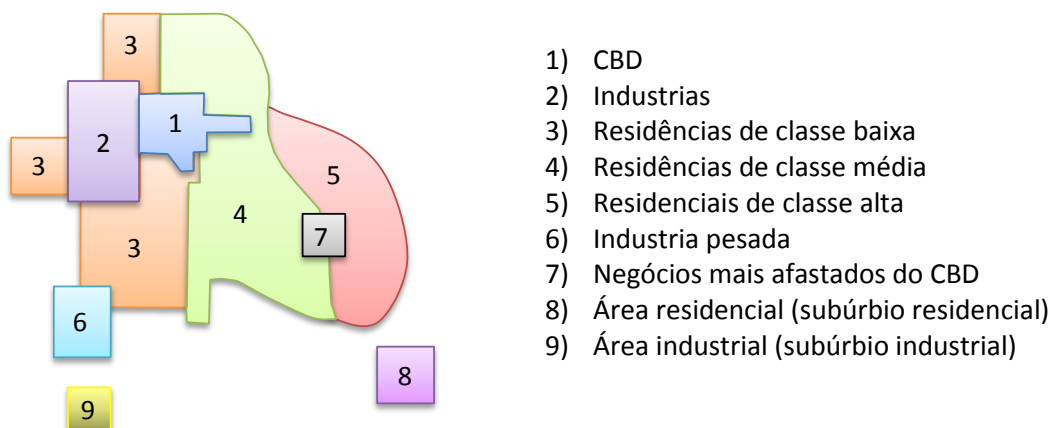


Figura 2.8 Modelo de múltiplos núcleos de ULLMANN e HARRIS

O desenvolvimento de vários centros urbanos é uma resposta à necessidade de acesso ao centro da cidade e também para que alguns dos usos do solo se mantenham, assim como o seu valor de mercado.

O modelo de **MANN** (1965) (**Figura 2.9**) surgiu da fusão dos modelos urbanos de BURGESS e de HOYT, o mesmo modelo foi posteriormente aplicado a três cidades industriais de Inglaterra, Huddersfield, Nottingham e Sheffield. Através da combinação dos modelos de BURGESS das zonas concêntricas e do modelo setorial de HOYT, MANN assumiu que devido à prevalência dos ventos de Sudoeste, as residências de classe mais elevada deveriam localizar-se no mesmo quadrante para que não fossem prejudicadas pelos fumos industriais, enquanto as indústrias deveriam situar-se a nordeste do CBD. O autor concluiu que a zona de transição não era concêntrica ao CBD e esta deveria ficar situada em áreas mais favorecidas para o estrato social mais elevado. A indústria pesada poderia encontrar-se ao longo das principais vias de comunicação. As áreas residenciais das classes mais desfavorecidas eram compostas por casas antigas que remontam ao ano de 1918, situando-se sobretudo nas áreas periféricas.

A abordagem ecológica à cidade está fortemente ligada aos estudos realizados para a cidade de Chicago, nos EUA. Não só à escola Ecológica de Chicago, mas a toda a sua área metropolitana, que se tornou posteriormente o modelo ideal, segundo MAX WEBER.

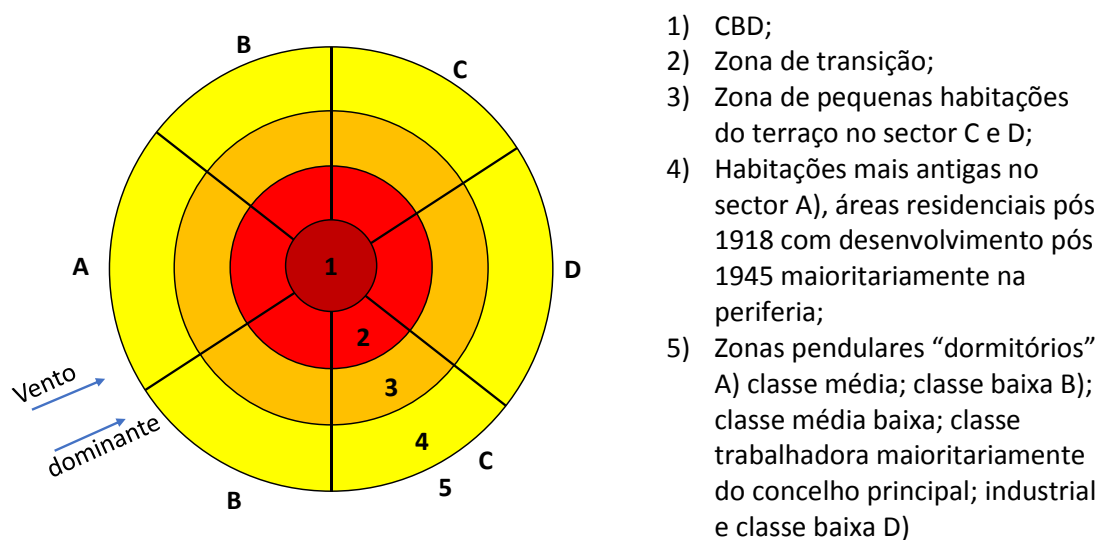


Figura 2.9 Modelo de MANN da estrutura urbana

A cidade dos anos 1950 e 1960 era caracterizada pela segregação do seu espaço em grupos étnicos, capacidade económica da população e a variação da densidade populacional que diminuía com a distância ao centro (**Figura 2.10**) (HAGGETT *et al.*, 1972).

Uma boa parte dos urbanistas da época não se conformaram com o “modelo ideal”, pois este não se aplicava à maioria dos casos das cidades do terceiro mundo. Estes requeriam diferentes manobras explicativas, tendo passado a serem analisadas como exceção. O facto é que a maioria da população vive em cidades que são consideradas a “exceção”, onde a estrutura e natureza proveniente de Chicago não tem aplicação.

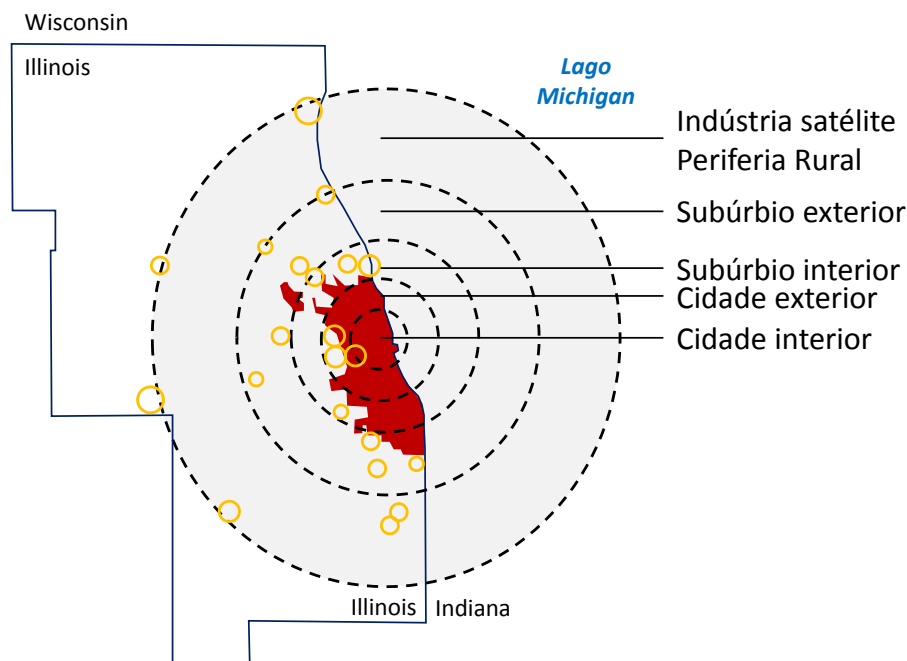


Figura 2.10 Diferenças regionais de Chicago (HAGGETT, 1972)

2.4 A Eco-Cidade

É difícil não assinalar as semelhanças morfológicas entre as **idades ecológicas** e as **idades económicas** de VON THÜNEN, CHRISTALLER, LÖSCH, entre outros modelos urbanos explicados nos pontos anteriores.

A cidade ecológica de BURGESS é semelhante na sua forma ao modelo proposto por VON THÜNEN, da cidade em anéis concêntricos. Tal como é o caso do modelo de LÖSCH e a definição de cidade-rica/cidade-pobre, que também não apresenta acentuadas diferenças relativamente ao modelo sectorial de HOYT que teve por base o modelo CHRISTALLER e LÖSCH da teoria dos lugares centrais aplicados ao estudo da estrutura interna das cidades.

As duas **eco-cidades** não são apenas semelhantes visual e morfológicamente, são também similares no que diz respeito aos mecanismos subjacentes. Para ambas, a realidade é que nos encontramos numa arena onde plantas, animais, indivíduos e comunidades (conjunto de indivíduos) competem e lutam para sobreviver, e a cidade é a arena onde todos estes processos ganham forma.

Indivíduos e conjunto de indivíduos competem pelo espaço e o uso que se lhe pretende atribuir seja mediante de uma interação espacial e económica, através de processos de invasão ecológica e de sucessão, ou processos identificados por meio de ecologias fatoriais de Chicago (BERRY & HORTON, 1970).

As semelhanças entre os dois tipos de “eco”: económico e ecológico, estão surpreendentemente à luz de uma relação de simbiose caracterizada pela origem da teoria económica e da evolução que emergiu pela primeira vez na primeira metade do século XIX, em “Ciência, Ideologia e Visão do Mundo”. GREENE (1981) seguiu com algum detalhe um conjunto de ideias sobre, “livre”, “natural”, “competição” e “sobrevivência do mais forte”, entre o individual e o coletivo, aparecendo em primeiro na política do liberalismo económico e filosofia social.

Apesar das semelhanças entre as duas eco-cidades “ecológica e económica”, estes domínios de investigação continuaram distintos e sem conexões ao longo de grande parte do século XX. Todavia com a aparição das teorias complexas, como as teorias complexas dos sistemas adaptativos e as suas aplicações às cidades, foi facilitado o acesso a um maior conjunto de teorias gerais que explicaram as ligações entre a ecologia e a economia na interpretação das cidades.

2.5 A Cidade enquanto sistema complexo

A Cidade como metáfora associada à **complexidade**, não é recente. Esta designação foi introduzida por ALLEN e SANGIER, (1981) no seu trabalho sobre as “Teorias Complexas das Cidades” (TCC), o qual introduziu um novo domínio de investigação com o mesmo nome.

Este campo tem sido desenvolvido por um pequeno grupo de cientistas, que abordam esta temática, no intuito de comprovar que as cidades são sistemas abertos e complexos, exibindo as propriedades de um sistema complexo natural: As cidades são abertas, complexas, multi-sistémicas e por vezes **caóticas**.

Dos vários trabalhos produzidos ao tempo concluiu-se, que os formalismos matemáticos e modelos desenvolvidos podem ser aplicados às cidades. A física e a matemática são ciências que predominam na elaboração e processamento destes modelos, com base em informação extraída das cidades.

A cidade pode ser interpretada como um sistema amplo, composto por subsistemas simples, como o edificado, as vias, as pontes. As interações promovidas pelos sistemas simples fazem da cidade um **sistema complexo**, ou um multi-sistema.

A cidade é principalmente feita de e por pessoas, pelo que sem elas a cidade (componente física) não iria além de um sistema simples. As pessoas são os agentes que ocupam a cidade e são elas que promovem a interação entre os sistemas.

A cidade enquanto sistema complexo e artificial emerge da interação proporcionada pelos seus agentes. No que diz respeito à sua estrutura de ambiente complexo e artificial, resulta da sua dimensão e da sua interação com o meio onde as pessoas vivem e praticam as suas atividades.

Além da interação humana, as cidades são igualmente a média da interação, este processo envolve representações internas em forma de ideias, intenções, memórias e cognições que residem na mente dos agentes urbanos. Por outro lado, os fatores externos são representados em forma de textos, cidades, edifícios ou vias de comunicação.

Os artefactos não interagem entre si, bem como as ideias, pensamentos, intenções, planos e outras representações internas. As cidades (enquanto organismo), os edifícios, as vias, e as peças de vestuário, são o resultado das representações internas.

Em conclusão, a cidade, na sua componente urbana, é um sistema complexo para o qual contribui a capacidade cognitiva dos seus agentes na dinâmica da Cidade (PORTUGALI, 2011).

3 As Cidades Inteligentes

3.1 Cidade Digital (A cidade do amanhã)

As **cidades do amanhã** ainda não estão desenhadas, ainda não saíram da pena do seu escriba que pode bem ser um arquiteto de ideias e de vontade. No entanto, não podem ficar de lado as tendências que se registam no presente enquanto resultado final das tendências do passado, da mesma forma que as cidades do futuro irão, provavelmente, ser o resultado das tendências e intenções que se registam e confrontam na atualidade.

Seguido este raciocínio, a lógica indica que é possível perspetivar como serão alguns dos seus serviços:

- Os transportes públicos serão mais eficientes e previsíveis;
- Os automóveis tradicionais serão substituídos por carros elétricos totalmente automatizados, ao que esta alternativa resultará na redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) para a atmosfera;
- As habitações serão mais eficientes ao nível dos consumos energéticos;
- As teleconferências, e videoconferências tomarão o lugar das dispendiosas viagens de negócios;
- As casas automatizadas vão oferecer uma melhor qualidade de vida;
- Haverá um sistema de saúde mais funcional, eficiente e eficaz através do vasto potencial de aplicações inteligentes, por exemplo, através de dispositivos fixados nas roupas em contacto direto com a pele, será possível o envio de informação em tempo real para os centros médicos mais próximos, e estes por sua vez providenciarão alertas e diagnósticos de uma forma rápida e eficaz;
- Os governos terão ao seu dispor ferramentas que permitirão apoiar na tomada de decisão, viabilizando uma maior transparência e consciência na gestão dos recursos disponíveis;
- A questão ambiental terá um papel fundamental no planeamento do território;
- As cidades serão mais seguras e agradáveis para os cidadãos.

- A eficiência energética e as energias verdes serão certamente uma realidade futura, os edifícios serão automatizados na questão da limpeza, neutros em emissões de CO₂, as energias renováveis serão também a fonte energética predominante, os aparelhos elétricos vão garantir uma maior eficiência energética;
- Os dispositivos de identidade terão base biométrica;
- Haverá uma maior facilidade no acesso às redes sociais;
- As conexões digitais pessoa-objeto farão parte do cotidiano;
- A educação digital será um modelo implementado, o que viabilizará acesso integral à educação, especialmente aos cidadãos que vivem nos países mais desfavorecidos, possibilitando a estes, o acesso a plataformas como o *e-learning* e *m-education*;
- Os serviços e dispositivos terão como alvo principal os indivíduos seniores e pessoas com dificuldades, resultando posteriormente numa maior inclusão social a estes cidadãos (BUDDE, 2014).

Os sonhos digitais de hoje podem ser a realidade do amanhã, o avanço científico e tecnológico proporciona as condições ideais para que estes sonhos amanhã possam ser uma realidade. A democratização das inovações tecnológicas pode efetivamente ser uma realidade futura.

O acesso a uma banda larga universal, através da gestão do espectro de livre acesso, investimentos em modelos de infraestruturas de partilha, ou mediante novas tecnologias sem fios, poderá conectar-nos ao mundo de uma forma nunca antes vista.

A cidade é por excelência, um centro de cooperação e de vida em sociedade, a união de esforços e o envolvimento dos vários agentes como os governos reguladores, urbanistas, centros de estudo, empresas, assim como a própria sociedade civil, tornam possível um ambiente produtivo mais eficiente e próspero.

Desde que as cidades começaram a emergir tornaram-se no centro do conhecimento, inovação, da interação social e económica. Nelas estão presentes um vasto capital humano, que pode ser aproveitado para o desenvolvimento de soluções para uma vida melhor.

As infraestruturas que gerem a água, energia, fornecimento de alimentos, transportes públicos, os sistemas de comunicação, a economia e as estruturas sociais, estão ainda muito aquém das expectativas e de resolver todos os problemas que afetam as áreas urbanas (BUDDE, 2014).

É necessário também criar uma base ambiental que possa solucionar os problemas que afetam as cidades, e que possam assegurar o funcionamento eficiente e saudável das áreas urbanas tornando-as mais habitáveis e verdes.

3.2 A Cidade Inteligente

O termo **cidade inteligente** foi mencionado pela primeira vez no início dos anos 2000 numa campanha de marketing de algumas empresas dos EUA como a IBM e a Cisco, estas empresas conceberam a ideia da cidade perfeita, que junta um alto nível de automatização, com “inteligência” promovida pela propagação das TIC (HARRISON & DONNELLY, 2011).

Na Comunicação da Comissão Europeia nº 519 de 2009, as cidades inteligentes foram definidas como cidades integradas numa rede inteligente, compostas por uma nova geração de edifícios, com um sistema de transportes com baixa emissão de CO₂ que vêm para mudar do futuro energético. Estas cidades estão integradas no “Plano Estratégico e Tecnológico”.

Posteriormente em 2012, em “Cidades Inteligentes e Comunidade Europeia para a Inovação”, a Comissão Europeia identificou o conceito de cidade inteligente como objeto catalisador do progresso, na produção de energia, distribuição e uso, assim como a inclusão das TIC nos transportes, visando à redução do consumo energético (GRANELLI, 2012).

Segundo COCCHIA e DAMERI, (2014) o surgimento do conceito de cidade inteligente, encontra-se ligada à ideia de cidade digital, este facto deve-se às suas semelhanças no que respeita à inclusão das soluções tecnológicas para a resolução de problemas que afetam as urbes.

O planeamento estratégico para o desenvolvimento das cidades inteligentes, permanece ainda insuficientemente explorado (HUBER *et al.*, 2012). A razão que motiva este facto, deve-se à insuficiente ligação entre os vários campos interdisciplinares (ANGELIDOU, 2014).

A cidade inteligente é aquilo que se materializa dela, resume-se a um conjunto de projetos, iniciativas e ações movidas por entidades públicas e privadas, governos locais, movimentos populares, vendedores de tecnologia, promotores imobiliários, centros de estudo e pesquisa entre outros exemplos (DAMERI & ROSENTHAL-SABROUX, 2014). Infelizmente, estes atores são na sua grande maioria motivados por interesses próprios, levando a que se gere conflitos de ideias, e consequentemente à refutabilidade na conceção de uma ideia singular de cidade inteligente (ANGELIDOU, 2014).

Na grande maioria dos sistemas governamentais de todo o mundo, em especial nos países que se têm deparado com um rápido crescimento urbano, a ideia de cidade inteligente tem sido incluída nas estratégias de planeamento urbano e em ações políticas, influenciando as suas características, bem como nos mecanismos de atribuição de fundos comunitários (ZUCCARDI, MERLI & BONOLLO, 2014).

Nos estudos de gestão, o significado de cidade inteligente, é atribuído à visão dos governos locais como uma forma de interpretar as propostas institucionais de governança e a salvaguarda do reconhecimento de áreas prioritárias de ação (SCHAFFERS, RATTI & KOMNINOS, 2012).

A cidade inteligente representa conceptualmente um modelo de desenvolvimento urbano, cuja principal função se baseia no esforço para capitalizar as novas TIC. O uso tendencioso desta afirmação, faz querer que qualquer inovação instrumental e tecnológica transforma automaticamente qualquer cidade numa cidade inteligente, esta afirmação é totalmente desprovida de fundamento sendo que o esclarecimento deste asserto não se pode resumir apenas a questões ligadas com a inovação tecnológica, esta exige manobras explicativas mais complexas e abrangentes no que respeita às suas definições. (ANGELIDOU, 2014).

A utilização do capital humano, intelectual e coletivo de um ponto de vista estratégico, é um dos elementos chaves para a criação de inteligência nas cidades, e os mesmos não devem ser desalinhados em função das inovações tecnológicas. É importante também identificar que os temas como mobilidade logística, serviços de saúde, educação, sistemas de treino, e-governo, eficiência energética, uso de energias renováveis, o uso racional dos recursos naturais bem como os serviços culturais e de turismo, são também elementos fundamentais para tornar uma cidade mais inteligente.

O propósito da cidade inteligente é efetivamente, assegurar a prosperidade, a competitividade, a eficiência e a sustentabilidade nos mais diferentes horizontes socioeconómicos (ANGELIDOU, 2014).

De acordo com GIFFINGER, um dos autores mais citados no campo de estudo das cidades inteligentes, afirma que uma cidade inteligente é uma cidade com um bom desempenho, construída sobre a combinação inteligente de decisões independentes e cidadãos conscientes. Esta definição, contudo, não é ainda satisfatoriamente aceite no meio científico. DAMERI e ROSENTHAL-SABROUX (2014) afirmam que existe a necessidade de projetar uma definição de cidade inteligente, e devem ser avaliados os vários casos de estudo.

Para DOMINICI, (2012) uma cidade inteligente é aquela que aposta na qualidade de vida, onde os cidadãos são os atores principais, e os mesmos devem ser envolvidos nos processos de decisão.

A **cidade sustentável** constitui o ponto central para o desenvolvimento das cidades do amanhã, a ideia de cidade sustentável não faz sentido a não ser que caracterize a forma de se projetar as cidades do futuro, deve ser sustentada num processo que visa capacitar o questionamento, de estruturar o conhecimento, de organizar bases de cooperação, e de encontrar formas de pilotar e regular a ação (BOURDIN, 2015).

O problema com que os estudiosos do campo das cidades inteligentes se deparam encontra-se enraizado naquilo que realmente se entende sobre o que é uma cidade inteligente (ANGELIDOU, 2014). A extensa variedade de definições e soluções faz com

que ainda não se tenha sido estabelecido com unanimidade um conceito que seja predominantemente reconhecido (PAPA *et al.*, 2013).

No que respeita às definições de cidade inteligente, existe uma intensa discussão entre a visão académica e a visão empresarial. Esta discussão é fixada numa simples questão: Quais as componentes fundamentais para o desenvolvimento de uma cidade inteligente?

Do ponto de vista científico, o sistema de avaliação na conceção da ideia de cidade inteligente, é concebido sobre uma visão imaterial. Nesta visão, compreende-se que a fonte principal para a criação de cidades mais inteligentes é essencialmente o capital intelectual, entenda-se, a cultura dos cidadãos, o grau de instrução, a capacidade intelectual, no entanto, esta abordagem não descarta a cultura empresarial, marcas registadas, patentes, *know how*, a reputação dos mercados e a cultura da própria cidade tais como os seus museus, teatros, monumentos, cinemas, eventos culturais, vida citadina e a sua animação (LEYDESDORFF & DEAKIN, 2011).

Os investimentos na cultura podem ser uma mais-valia na animação e dinamização das cidades, todavia os governos devem ser conscientes e assegurar que as cidades se desenvolvam sustentáveis em todos os seus horizontes socioeconómicos e ambientais.

É importante referir que quanto maior for o capital cultural e intelectual presente numa cidade, mais eficientes serão as tomadas de decisão, o que naturalmente viabilizará a um maior e melhor desenvolvimento da cidade.

A cultura para além de gerar inteligência numa cidade, exerce também uma força gravitacional capaz de atrair pessoas, empresas, educação, inovação, competitividade e rentabilidade, o conceito de cidade inteligente nesta abordagem é concebido sobre um conjunto de Indicadores relativos ao aspeto cultural duma cidade que são os cidadãos, os organismos públicos e privados (PASKALEVA, 2009)

Na perspetiva empírica e empresarial, o principal fator na definição de “inteligência” numa cidade, é essencialmente o elemento tecnológico, em particular a omnipresença das TIC nas cidades e seus serviços. Esta visão é bem aceite pelas grandes companhias como a IBM, Cisco, Siemens, entre outras.

Esta abordagem assenta na necessidade de resolver problemas que afetam a vida nas cidades e grandes metrópoles, mais concretamente na mitigação de problemas como o tráfego automóvel, poluição, consumo energético e no tratamento de água e resíduos.

Estes objetivos são importantes, pois acrescentam valor às cidades e aproximam-se daquilo que se entende como cidade verde e ecologicamente sustentável. Os objetivos das cidades inteligentes nesta abordagem são: *i)* A produção de energia a partir de fontes renováveis, viabilizando a redução das emissões de CO₂; *ii)* O aumento da procura energética nas áreas urbanas; *iii)* A construção de infraestruturas mais eficientes; *iv)* A redução da utilização de combustíveis fósseis; e *v)* O aumento da eficiência nos transportes públicos.

O sistema de avaliação aplicado a esta visão de cidade inteligente é mais tangível relativamente à visão científica, pois é baseado em indicadores físicos, tais como emissões de CO₂, gases de efeito estufa, quantidade de resíduos, energia produzida a partir de fontes renováveis entre outros exemplos (AL-HADER & RODZI, 2009).

Os objetivos primordiais dos projetos para as cidades inteligentes são assegurar a melhoria na qualidade de vida dos cidadãos, muitas das vezes este tipo de iniciativas não são bem aceites nesta visão de cidade inteligente, e normalmente os seus planos são projetados sem que haja uma linha condutora para se alcançar tal objetivo.

Mesmo que ambas as visões de cidade inteligente sejam bastante claras nas suas definições, estas são na sua grande maioria mal aplicadas após a conceção de um plano estratégico de cidade inteligente.

Os aspetos tecnológicos, culturais e ambientais são os elementos base duma cidade inteligente, porém a sua relevância não é a mesma de cidade para cidade. É importante referir que o aspeto principal de uma cidade inteligente é aquele que o sistema governamental desempenha o papel de liderança, bem como o modo como se relacionam e interagem com as partes interessadas e os seus cidadãos.

Para definir com exatidão uma visão de cidade inteligente, esta deve ser alinhada com iniciativas inteligentes, e ter como objetivo concretizar os seus projetos com resultados positivos.

3.3 Cidade inteligente *versus* cidade digital

O surgimento da ideia de cidade digital, deveu-se particularmente à propagação das soluções tecnológicas baseadas nas TIC orientadas para a resolução de problemas que afetam as cidades. As suas funções de conectividade, aproximação humana, instituições governamentais, e entidades externas, tornam possível a resolução de determinados problemas urbanos com maior eficiência e transparência.

A aplicação das TIC aos projetos urbanos, não é algo recente, a internet e a web 2.0 foram alguns dos impulsionadores do desenvolvimento de investigações relacionadas com as cidades digitais.

O uso dos termos cidade digital e cidade inteligente é na sua grande maioria aplicado de forma arbitrária. O facto de não haver uma ideia formulada para ambas as terminologias motiva a que estes conceitos se tornem confusos quando são projetados planos estratégicos de implementação de cidade inteligente ou digital.

Na temática das cidades digitais e cidades inteligentes, o conjunto multidisciplinar é abrangente, portanto, muitas das vezes é utilizado o mesmo termo para mencionar algo diferente, e termos diferentes para referir a mesma coisa.

De acordo com as definições de cidade inteligente, digital, sustentável, tecnológica, JENKS e DEMPSEY, (2005), apresentam as seguintes definições:

- A **cidade inteligente** é uma cidade que tem um conjunto de competências, hábil na produção de conhecimento, engenhosa na produção de sinergias de conhecimentos e competências multidisciplinares, em suma, é uma cidade de difícil reprodução, é única, é inteligente pois tem a capacidade de gerar capital intelectual, desenvolvimento territorial, e bem-estar. (KOMNINOS, 2006).
- A **cidade digital** é uma cidade conectada, com uma forte presença da componente digital e das TIC para processamento de dados, bem como na partilha de informação, suporte de comunicação e democracia Web 2.0. (ISHIDA, 2002; KOMNINOS, 2006).

- A **cidade sustentável** é uma cidade que utiliza a componente tecnológica como meio de melhorar os aspetos ambientais, focada na redução das emissões de CO₂, na produção e consumo de energias limpas, no aumento da eficiência energética dos edifícios, em suma, uma cidade sustentável é uma cidade mais verde. (CAMAGNI, CAPELLO & NIJKAMP, 1998).
- **Cidade tecnológica** é uma cidade que utiliza os elementos tecnológicos com o intuito de melhorar a eficiência e efetividade das suas infraestruturas e serviços, os seus projetos são focados na questão da qualidade do espaço urbano, mobilidade, transporte público e logística (SORRENTINO & NIEHAVES, 2010).

O esquema que se segue relativo à **Figura 3.1** representa a comparação ao tipo de abordagem feita relativamente às componentes básicas de uma cidade digital e de uma cidade inteligente.

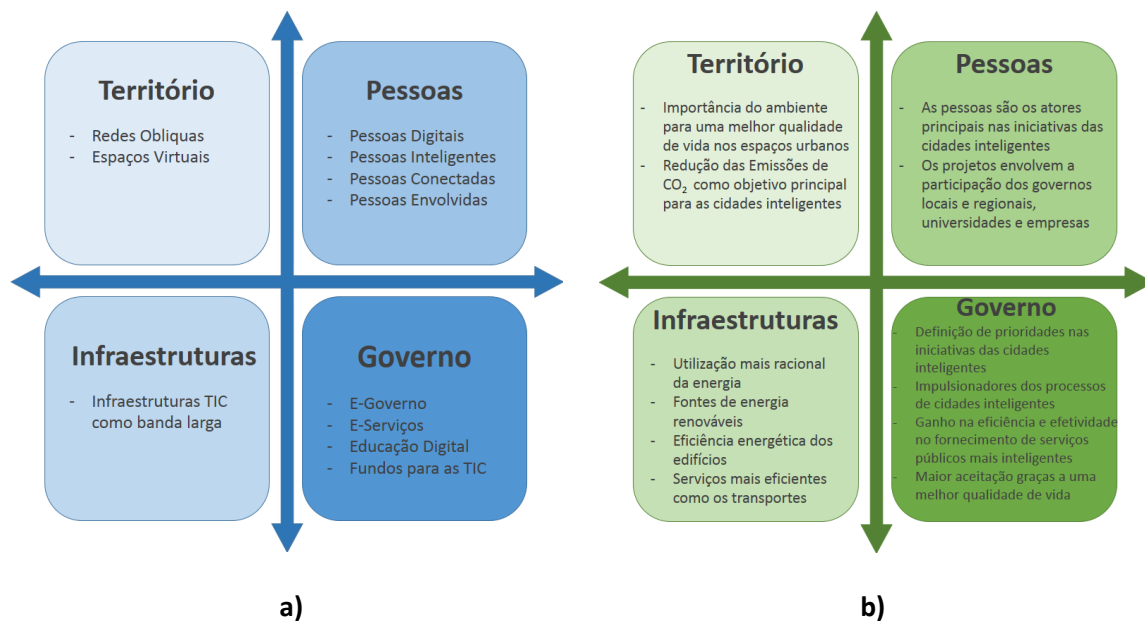


Figura 3.1 Componentes básicas de uma (a) cidade digital e de uma (b) cidade inteligente

3.4 Modelo de cidade Inteligente

A estrutura na qual os governos e sistemas administrativos locais se debruçam para conceberem um modelo de desenvolvimento urbano mais inteligente e equilibrado são as componentes tecnológicas de conectividade, princípios de sustentabilidade ambiental, socioeconómica, conforto, atratividade, segurança e bem-estar.

Muitos dos sistemas administrativos locais na Europa, têm o seu foco na inovação tecnológica, alguns desses projetos estão a ser desenvolvidos com o propósito de redesenhar a cidade como a conhecemos.

De acordo com os objetivos fixados pela União Europeia, suportados em acordos e compromissos formais, assumem que todas as cidades envolvidas neste processo de transformação devem em alguns aspetos tornarem-se em cidades inteligentes (SANSEVERINO, 2014).

A expressão cidade inteligente tem vindo a propagar-se a um ritmo sem precedentes materializando-se progressivamente em resultados mais precisos nos mais variados contextos urbanos, mesmo que o desenvolvimento desta ainda se encontre numa fase experimental (SANSEVERINO, 2014).

Mais que uma expressão, uma revolução silenciosa que ocorre nas cidades contemporâneas, mesmo que estas ainda se encontrem presas em maus hábitos, e pouco atentas à gestão da infinidade de recursos ao seu dispor.

Na base da criação de uma cidade inteligente há certamente um novo processo de conexão integrada que visa a uma nova modelação de funções urbanas para além das funções tradicionais e outras novas que surgem a cada dia ligadas à tecnologia e à inovação tecnológica.

A título de exemplo: através de um *smartphone* e com base na recolha de dados de tráfego, deslocações humanas em tempo real e simultaneamente com as previsões meteorológicas, o cruzamento destes dados permitem ao cidadão evitar picos de trânsito, identificar áreas de congestionamento, e ainda com base num algoritmo obter sugestões de outras rotas urbanas, fazendo com que o cidadão possa poupar

tempo e dinheiro nas suas deslocações. Trata-se de uma autêntica revolução digital que oferece maior mobilidade às pessoas nas cidades (SANSEVERINO, 2014).

A condição ideal para este cenário seria expressada pela existência de infraestruturas adequadas com suporte à inovação tais como: o desenho das estradas, a presença de uma rede de transportes públicos eficientes, ciclovias e instalações de TIC (SANSEVERINO, 2014).

Uma cidade inteligente é também uma cidade com atenção às questões ambientais, utiliza predominantemente energias renováveis como principal fonte de abastecimento energético (SANSEVERINO, 2014).

Os aspetos principais para que haja um crescimento da aceitação pública passam pelo modo de vida nas cidades (SANSEVERINO, 2014). A cidade inteligente é uma nova forma de ver e viver na cidade, destaca-se pela consciência ambiental, mobilidade inteligente e sustentável, eficiência energética, mas acima de tudo por um governo inteligente que promove a participação dos cidadãos, e a partilha de opiniões e conhecimentos.

Um exemplo prático desta atividade é a cidade de Bari na Itália, que através da criação de uma empresa sem fins lucrativos, conseguiu juntar entidades públicas e privadas que têm como foco a criação de um ambiente produtivo onde são desenvolvidas ideias e soluções para um modelo de sustentabilidade urbana. Este modelo associativo tem a finalidade de servir em vários níveis, e esclarecer como a inovação pode redesenhar o modo de vida dos cidadãos (SANSEVERINO, 2014).

Sem dúvida, que o primeiro objetivo na criação de uma cidade inteligente passa pela otimização dos sistemas de gestão dos recursos energéticos, pois são estes os alicerces para que todas as outras funções urbanas possam funcionar.

É óbvio que existem obstáculos na criação de modelos de cidade inteligente, e uma das barreiras que impede grande parte dos governos de todo o mundo em prosseguir com os seus projetos, são essencialmente de natureza económica. Muitas das vezes estes são forçados a colaborar com entidades privadas, e sujeitos a injeções de capital. (SANSEVERINO, 2014).

As novas tecnologias são de facto o passo a ser tomado em seguida, o sistema deve ser otimizado, conforme as características técnicas das funções a serem implementadas nas TIC mais adequadas. Sendo que a finalidade destas, são de servir como ferramenta na tomada de decisão nos processos urbanos. Devem também ser orientadas para a apresentação de resultados e manifestados na qualidade de vida dos cidadãos.

Estas devem ser acompanhadas de outros passos importantes, como acordos bilaterais entre governos, conexão de planos energéticos mais verdes, assim como o desenvolvimento de planos estratégicos mais sustentáveis e com objetivos traçados (SANSEVERINO, 2014).

Os sistemas governamentais reúnem esforços para melhorar todas as componentes nucleares (**Figura 3.2**) nas quais a cidade inteligente atua.

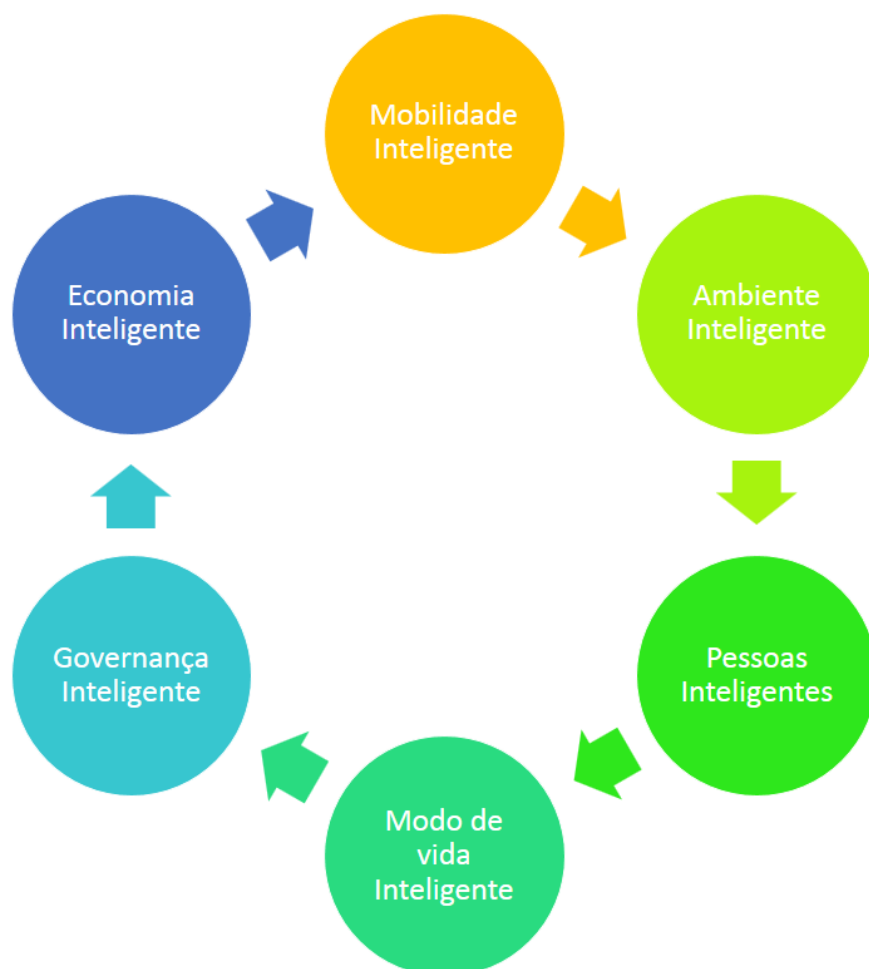


Figura 3.2 As componentes nucleares das cidades inteligentes (GIFFINGER *et al.*, 2009)

3.5 Como tornar uma cidade mais “inteligente”?

A **Figura 3.3** refere-se ao esquema representativo de uma cidade inteligente, numa tentativa de responder à questão “como” tornar uma cidade mais inteligente?

Esta estrutura é composta por 5 elementos que apresentam uma forma de perceber a integração generalizada dos aspetos: necessidade, conduzida pelo crescimento dos centros urbanos e inovação tecnológica; ambiente de implementação; abordagem; e dados de saída, cujo princípio central é baseado na simplificação, qualidade do serviço, qualidade de vida, e assimilação:

1. Necessidade

- 1.1. **Competências** – promover um polo de especialistas talentosos;
- 1.2. **“Apetite”** – preparação e vontade dos cidadãos em adotar novas tecnologias e intervenções “inteligentes”. Isto requer que seja imposta uma cultura digital à população;
- 1.3. **Dados** – informação adaptada e personalizada, acessível a todos os indivíduos, empresas e governos em tempo real.

2. Ambiente de implementação

- 2.1. Infraestruturas;
- 2.2. Economia;
- 2.3. Governança.

3. Abordagem

- 3.1. Assimilação;
- 3.2. Implantação;
- 3.3. Adoção.

4. Dados de saída

- 4.1. **Modo de vida inteligente** – inclui um sistema de saúde inteligente, por exemplo, poderá a “cidade onde residir” dar-me a possibilidade de ter acesso a serviços de saúde de qualidade, localmente e oportunamente? Como a “cidade onde residir” me dará a possibilidade de pertencer, ou promover uma comunidade?

4.2. **Mobilidade inteligente** – se forem abrangidos problemas como os transportes, e mobilidade, como é que a “a cidade onde resido” poderá efetivamente ajudar na redução tempo/custo nas minhas deslocações?

4.3. **Economia inteligente** – Este elemento por si só, é um fator motivante para uma nova visão e implementação política mais coesa no contexto de cidade inteligente.

É importante referir que os elementos, *i.e.*, competências, dados em cada um destes descritores são únicos e a abordagem deve ser realizada de forma holística.



Figura 3.3 Estrutura de percepção, definição, integração e difusão para as cidades inteligentes (THORNE & GRIFFITHS, 2014)

É lógico que alguns, (não todos) dos elementos de uma cidade inteligente presentes nesta estrutura, estão unidos em todas as iniciativas de implementação de cidade inteligente pelo mundo, embora de uma forma fragmentada, existe atualmente um conjunto de iniciativas inteligentes para as cidades. Contudo, infelizmente pode acontecer que algumas destas medidas fracassem e certas contribuições e investimentos bem-intencionados sejam desperdiçados a longo prazo. Apesar de haver uma visão estratégica ligada a nível regional ou nacional, é ainda um campo que está a

emergir com algumas transições relativamente à escalabilidade e sustentabilidade, pois carecem ainda de objetivos claros, articulados e comuns.

3.6 A Cidade Inteligente e a criação de novos valores

O que faz com que uma cidade se torne mais inteligente? Como é possível definir e medir a inteligência de uma cidade?

Mesmo que a definição de cidade inteligente ainda não esteja cimentada, é possível descrever as suas características principais, e quais os elementos que podem efetivamente acrescentar valor e inteligência às cidades.

Para medir o valor público criado e a performance de uma cidade, os objetivos e processos devem ser bem claros e quantificados. O que requer uma visão estratégica para que seja possível sustentar todos os programas e projetos abraçados pela cidade, e para que esta se torne inteligente (ZYGIARIS, 2013).

O elemento territorial tem uma importância imensurável, pois é no território onde todas as transformações ocorrem. As infraestruturas são fundamentais, bem como a componente física e material, nomeadamente os edifícios, as ruas, os meios de transporte, entre outros.

Quando se menciona as pessoas, devem ser considerados todos os cidadãos e não apenas os seus habitantes, ou seja deve ser tido em causa os seus trabalhadores, estudantes e turistas, os quais devem fazer parte das estratégias urbanas.

Para que uma cidade se torne inteligente, convém que haja um aumento da inteligência dos seus componentes nucleares. Neste caso, o que se entende por inteligência? Existem três aspetos importantes a ter em conta, que são: Eficácia; Consciência ambiental; e Inovação (DAMERI, 2012; CASALINO, *et al.*, 2013):

- **Eficácia** é a capacidade de fornecer um serviço público e privado eficaz para as diferentes classes de cidadãos, nomeadamente os estudantes, trabalhadores e indivíduos seniores. A existência de companhias e organizações sem fins

lucrativos são uma mais-valia. É também importantes a participação de todas as partes interessadas e a união de esforços nesta definição de inteligência. Em suma uma cidade não deve ser inteligente para ela própria, mas deve criar valor público para os seus cidadãos;

- **Consciência ambiental** diz respeito ao impacto que as grandes cidades têm na qualidade ambiental. Um dos principais pilares das cidades inteligentes é a prevenção da degradação ambiental. O consumo energético, a poluição do ar e da água, o tráfego automóvel, e o consumo do espaço são os principais impactos ambientais numa cidade. Uma cidade inteligente atua de forma a reduzir todas estas conjunturas tendo como propósito o de preservar o ambiente.
- **Inovação** significa, que uma cidade inteligente deve utilizar toda a nova e alta tecnologia disponível para aumentar a qualidade das componentes nucleares, e fornecer serviços mais eficientes, reduzindo desta forma alguns dos impactos ambientais. A tecnologia é, portanto, um aspeto importante para uma cidade se tornar em vários aspetos mais inteligente, e deve ser utilizada ao serviço de grande parte das iniciativas inteligentes.

As componentes anteriormente referidas constituem os elementos capitais na criação de inteligência nas cidades, resumindo, os governos devem contribuir para que a cidade se transforme num ambiente mais habitável, verde e com serviços mais eficientes e inovadores. (CHOURABI *et al.*, 2012).

Uma cidade inteligente tem uma correlação direta com um território mais limpo e verde, entenda-se, todas as componentes que o constituem, água, ar, redução do consumo de espaço para novo edificado, qualidade ambiental, infraestruturas mais inteligentes, limpas e eficientes, e que salvaguardem os interesses dos seus utilizadores da forma mais adequada de modo a que consigam dar resposta às suas carências.

Pessoas inteligentes significa cidadãos mais informados, mais conscientes dos objetivos dos governos e do role que as novas tecnologias representam na melhoria da qualidade de vida nas cidades, nas suas infraestruturas e nos seus serviços.

Deve haver uma aceitação digital por parte dos cidadãos, promover a propagação das tecnologias de ponta, TIC, dispositivos móveis, e dos serviços digitais de informação.

Um governo inteligente utiliza certamente as TIC, e todas as novas tecnologias que visem à implementação de um governo e uma democracia digital mais focado na melhoria da qualidade de vida da população, no acesso à informação, e acima de tudo na satisfação dos cidadãos em relação à administração local. (NAM & PARDO, 2011; ALAWADHI *et al.*, 2012,).

A criação de **valor público** deve ser portanto o objetivo de todas as cidades, bem como as suas iniciativas devem ser endereçadas aos cidadãos (MOORE, 1995; SORRENTINO & NIEHAVES, 2010). O valor público é uma ideia complexa, que inclui um leque abrangente de dimensões (BENINGTON & MOORE, 2010).

- Requer a criação de valor económico e social, muitas das vezes é complicado conectar estas dimensões de uma forma harmoniosa, devido a estes apresentarem interesses diferentes;
- Requer a criação de valor, de todas as partes interessadas. Normalmente estes têm expectativas diferentes, levando a que ocorram incompatibilidades entre as partes envolvidas;
- Requer a criação de valor em diferentes dimensões na vida cidadina, esta dimensão exige um entendimento mais abrangente das necessidades e prioridades.

Para se criar valor público num programa de cidade inteligente, significa que devem ser agrupados um largo conjunto de variáveis dentro de uma estrutura geral, a mesma deve ser bem definida e engenhosa na solução dos problemas que afetam as cidades.

Medir o valor público criado, e os programas de apoio às cidades inteligentes, apresenta uma certa complexidade. Se examinados alguns dos casos, em todo o mundo, sobre a cidade inteligente, é constatado que os benefícios desta ainda não estão definidos, nem medidos.

Mesmo que os programas de cidades inteligentes produzam uma melhoria na qualidade de vida dos cidadãos, a população não é, na maioria dos casos informada sobre tal, ou mesmo envolvida e consciencializada relativamente ao impacto que os projetos terão na sua qualidade de vida (O'FLYNN, 2007; WALRAVENS & BALLON, 2013).

O maior desafio na medição do desempenho de uma cidade inteligente é criar e multiplicar o valor público. É necessário garantir a transparência e a consciencialização, sobre a “moda” das Cidades Inteligentes, e impedir que esta tendência termine antes de se quer começar a criar valor nas áreas urbanas.

3.7 Avaliação do desempenho das cidades inteligentes

Uma cidade inteligente bem-sucedida necessita de um sistema de avaliação de desempenho adequado, para tal é necessário dispor de informação apropriada, que permita desenvolver operações com todos os intervenientes.

É necessário o envolvimento de todas as partes interessadas e a sua participação ativa nas definições estratégicas, nas definições de prioridades e de objetivos bem como no desenvolvimento de parcerias e coparticipações dos serviços públicos na fase de implementação de um projeto de cidade inteligente. Na fase de relatório os destinatários devem ser comunicados sobre as metas de desempenho.

A definição de um **sistema de avaliação** de desempenho adequado centra-se nas atividades processuais de recolha e na avaliação de dados e informação, estando estas conectadas às questões, “porquê” “e o “que” medir (LEBAS, 1995).

O “porquê” refere-se a quais as motivações e objetivos que os governos pretendem atingir. Este processo baseia-se na recolha e processamento do desempenho de medições atribuídos a três requisitos (BEHN, 2003):

- i. Aprendizagem, melhoria ao nível estratégico e operacional, redefinição de prioridades e soluções adotadas pelo governo local, fazendo com que as estratégias se adequem às necessidades da população;

- ii. Planejar e controlar de maneira a viabilizar a tomada decisão sobre a distribuição de recursos, tornar as unidades organizacionais e os empregos individuais responsáveis pela obtenção de resultados sobre os serviços que são prestados, e avaliar possíveis terciairizações;
- iii. Responsabilização externa de todos os interessados que operam fora do governo local fazendo com que as atividades realizadas possam ser explicadas e verificadas, e assim poder avaliar as medidas dos governos locais, e se necessário influenciar as suas decisões.

A que se refere à questão “o que” medir? Prevalece a teoria que a medição do desempenho nos governos locais e administração pública no geral, é um processo complexo devido à abrangência das atividades desempenhadas, o que leva à impossibilidade de ligar a produção ao lucro alcançado nos diversos interesses que gravitam sobre a administração pública e a interconexão das suas atividades. Sendo assim, faz sentido que exista a necessidade de apreciar o desempenho a um nível multidimensional. O que requer a distinção entre a **profundidade** e a **extensão do desempenho** (BOUCKAERT, 2008):

- A **profundidade do desempenho** em relação aos governos locais, são observados e medidos em diferentes níveis: Ao nível do governo local, este é medido como um todo, ao nível da unidade organizacional, e ao nível singular;
- A **extensão do desempenho** refere-se à possibilidade de desempenho, e a dimensões classificadas de múltiplas formas, geralmente são atribuídas a várias atividades, como recursos, efetividade, eficiência e resultados, entre outros exemplos.

A responsabilização externa torna-se particularmente importante em função do desenvolvimento duma cidade inteligente, todas as partes interessadas devem ser integradas nos seus projetos, importante é também que os governos locais providenciem comunicações rápidas e transparentes sobre a performance alcançada.

As partes interessadas e potenciais utilizadores da informação são representados pelos atores dos governos locais e outras administrações públicas, tais como,

empresas, cidadãos, entre outros exemplos. Estes atores podem ter os seguintes papéis:

- Clientes/utilizadores e/ou coprodutores dos serviços “inteligentes” fornecidos;
- Eleitores que utilizam o seu voto para expressar a sua opinião sobre a sua satisfação relativamente aos políticos, e aos projetos de cidade inteligente;
- Financiamento de entidades através dos impostos, e da necessidade de ser informado sobre a utilização destes recursos pela administração pública.

Às partes interessadas devem ser fornecidas informações detalhadas sobre os recursos utilizados, atividades realizadas e resultados alcançados: Quanto maior a responsabilização atender às necessidades de informação, mais fortalecidas serão as estratégias dos governos locais e suas relações com os intervenientes, fazendo com que a que a legitimidade social seja acrescida assim como a probabilidade de sucesso nos projetos de cidade inteligente, (não vinculada à obtenção de financiamento considerável, mas ocasional).

Tomando como referencia a extensão do desempenho para definir as dimensões, é necessário examinar alguns factos. Recentemente tem sido feito estudos de caso de propostas de adoção de diferentes medições de desempenho. A produção dos modelos de medição do desempenho mais recentes foram concebidas pela Universidade de Tecnologia de Viena, “*Smart cities-Ranking of European medium-size cities*” (GIFFINGER *et al.*, 2007), outro dos modelos foi realizado por KOMNINOS num estudo e publicado em 2008, e no mesmo ano pela “*The EUROPEAN HOUSE-AMBROSETTI*” realizado para a ABB.

A pesquisa realizada em 2007, pela Universidade de Tecnologia de Viena em parceria com a Universidade de Ljubljana e a Universidade de Tecnologia de Delf, desenvolveram uma ferramenta de medição do grau de inteligência para 70 cidades europeias de média dimensão com uma população inferior a 500 mil habitantes.

Para este projeto foram consideradas 6 dimensões de desempenho que remetem aos seguintes temas: Mobilidade; Economia; Ambiente; Pessoas; Modo de vida; e-Governança.

Competitividade, tecnologia, capital humano e social, participação, transporte, recursos naturais e qualidade de vida.

Neste modelo foram selecionadas 33 condições para descrever as dimensões de 74 indicadores escolhidos que tiveram o objetivo de analisar o desempenho de cada fator. Para todas as dimensões consideradas, a proposta serviu para medir e comparar o impacto dos projetos inteligentes na competitividade das empresas ao nível cultural, da qualidade de vida da população, na participação dos cidadãos, na vida da população, e nas condições ambientais.

Num estudo realizado por KOMNINOS (2008), foram identificadas 4 dimensões de cidade inteligente: Conhecimento; Capacidade; Espaços digitais; Desempenho e inovação.

A proposta passa essencialmente por definir um modelo ideal de cidade inteligente, e através do mesmo, identificar o que torna um governo local mais inteligente e assim, avaliar os contornos das suas dinâmicas internas, e também verificar quais as suas fraquezas e os impactos que a inovação possam trazer ao desenvolvimento económico e bem-estar da comunidade. Para cada uma das dimensões identificadas, KOMNINOS (2008) propôs a construção de um total de 35 indicadores, estes indicadores são essencialmente resultados para medir o impacto que um projeto de cidade inteligente pode ter sobre as variáveis que caracterizam o seu contexto, por exemplo: i) Despesas com a pesquisa e desenvolvimento (percentagem de produto interno bruto); ii) Número de incubadores (em cada milhão de habitantes); e iii) Investigadores na indústria de serviços (percentagem da força de trabalho).

Estas variáveis devem ser medidas antes e depois da implementação de um projeto de cidade inteligente, sendo que naturalmente os resultados serão diferentes do antes e do pós implementação, presumivelmente apresentarão resultados mais elevados depois da implementação.

Por fim o Estudo realizado pela *“The EUROPEAN HOUSE-AMBROSETTI”* (Fundazione Ambrosetti, 2012) aponta em 3 dimensões que expressam os benefícios para os cidadãos, decorrentes da criação real de uma cidade inteligente, e em função da avaliação do progresso e/ou das situações críticas detetadas.

Este estudo conta como uma amostra representativa das cidades mais populosas de Itália em que o conceito de inteligência se refere à capacidade do tecido urbano, não somente as infraestruturas e serviços fornecidos pelos governos locais, mas o tecido económico e social, assim como a gestão eficiente dos recursos, compartilhada pela aplicação de processos inovadores e opções tecnológicas.

De acordo com este modelo, as dimensões que são particularmente relevantes na criação de inteligência numa cidade são: Mobilidade; Gestão de recursos; e Qualidade de vida dos cidadãos.

Cada dimensão é associada a um total de 9 indicadores de desempenho. Estes indicadores focam-se especificamente nos resultados, tendo como fim, expressar os benefícios aos cidadãos, na criação de uma cidade inteligente.

Os serviços, infraestruturas, instalações “inteligentes” não são consideradas nesta métrica, que de acordo com o estudo realizado pela “*The EUROPEAN HOUSE-AMBROSETTI*” os serviços oferecidos, não se traduzem necessariamente em benefícios para a vida dos cidadãos. Cada indicador de desempenho está conectado por dois fios condutores, considerados relevantes, como os índices de política para os governos locais e o objetivo de aumentar o nível de inteligência da cidade.

Estes modelos foram concebidos com o objetivo de comparar as cidades inteligentes de um determinado país ou vários países europeus, e não europeus, ou simplesmente, propor um modelo ideal de cidade inteligente.

As características dos modelos podem ser visualizadas no **Quadro 3.1**, sendo que os modelos contêm apenas os indicadores, que por natureza envolvem períodos de observação, tempo e deteção a médio-longo prazo.

A avaliação do desempenho identifica nos diferentes modelos, o facto de que os resultados dos indicadores por si só não são considerados suficientes em termos de governação participativa para uma responsabilização externa adequada, pois estes requerem que existam processos interativos e contínuos entre as várias partes interessadas, apoiadas por um sistema de informação oportuno e preciso.

Quadro 3.1 Modelo de Avaliação do desempenho das cidades inteligentes (adaptado de ZUCCARDI, MERLI & BONOLLO, 2014)

Modelos	Universidade de Tecnologia de Viena (2007)	KOMNINOS (2008)	<i>The EUROPEAN HOUSE-AMBROSETTI</i> (2012)
Dimensões	Competitividade	Educação e instrução da população	Mobilidade
	Capital social e humano	Instituições de conhecimento e inovação	Gestão de recursos
	Participação	Infraestruturas e serviços digitais (e-serviços)	Qualidade de vida dos cidadãos
	Transportes e TIC Recursos naturais Qualidade de vida	Inovação e desempenho	

Para que se construa um sistema de avaliação de desempenho eficaz, e que possa providenciar informação em tempo real, com precisão, orientada, e que se permitam combinar harmoniosamente aspetos estratégicos a curto prazo, ZUCCARDI, MERLI & BONOLLO (2014) demonstram no seu estudo que é pertinente criar um novo sistema de avaliação de desempenho. Os autores consideraram três dimensões:

- i. A **grandeza** foca-se no número de serviços “inteligentes” fornecidos, e na aceitação destes serviços por parte dos cidadãos, ao numero de recursos utilizados (dados de entrada), construção de indicadores relativos aos (dados de entrada) e atividades desenvolvidas em termos quantitativos pelos governos locais. Pela quantidade, qualidade e efetividade da eficiência.
- ii. **Inovação tecnológica** corresponde às saídas inovadoras, à medição do seu grau de eficácia na melhoria da quantidade e qualidade dos serviços “inteligentes” e a sua eficiência. Comparar os custos com as soluções tecnológicas introduzidas, e deste modo construir indicadores de atividade relativos à eficácia e eficiência.
- iii. **Sustentabilidade ecológica** passa por destacar o impacto ambiental das atividades realizadas com indicadores de resultados ambientais e qualquer *trade-off* entre estes resultados, assim como as variáveis económicas e financeiras.

Estas dimensões têm, uma ligação forte entre si, sendo que a dimensão relativa à produção, permite na ausência de trocas de mercado, programar, monitorizar e comunicar a coprodução de serviços “inteligentes” ao nível da eficiência.

A dimensão que remete à inovação tecnológica, está conectada com a produção, pois considera a exploração das competências tecnológicas geradoras de novos serviços para a comunidade.

As restantes dimensões estão interligadas entre elas, mas também com as anteriores, numa cidade inteligente a produção de serviços inovadores devem resultar numa melhoria na qualidade em termos sociais, económicos e de sustentabilidade ambiental.

No que respeita às dimensões dos indicadores, estas podem ser classificadas em quatro tipos, como apresenta o **Quadro 3.2**.

Quadro 3.2 Proposta para um novo avaliador do desempenho do modelo de cidade inteligente por ZUCCARDI, MERLI & BONOLLO (2014)

Dimensões	Foco	Tipo de indicadores
Produção	Quantidade e qualidade dos serviços públicos “inteligentes” fornecidos e recursos utilizados	Atividades Efetividade quantitativa Efetividade qualitativa Eficiência
Inovação tecnológica	Outputs de inovação	Atividades inovadoras Eficácia da inovação Eficiência da inovação
Qualidade de vida dos cidadãos	Condições de vida da população e desenvolvimento económico local	Resultados
Eco sustentabilidade	Impactos ambientais	Fatores ambientais Fatores económicos e financeiros

Os tipos de indicadores (**Quadro 3.2**) podem ser definidos como:

- Os **indicadores das atividades** referem-se à quantidade de serviços inteligentes fornecidos por um governo local, ou a quantidade de trabalhos executados, podendo estes serem medidos para saídas inovadoras;

- Os **indicadores de efetividade** medem o grau que pré-determinam os objetivos a alcançar numa atividade ou programa, estes são relacionados com a capacidade que uma cidade inteligente tem para satisfazer os seus cidadãos. Estas necessidades são expressadas de uma forma quantitativa e qualitativa (efetividade quantitativa e qualitativa), podem também, ser medidos como *outputs* de inovação;
- Os **indicadores de eficiência** derivam das relações entre os dados de entrada e os dados de saída, estes destacam a habilidade de maximizar a qualidade e a quantidade dos serviços “inteligentes” fornecidos, relativamente aos recursos utilizados, assim como nos anteriores, estes podem também ser medidos como *outputs* de inovação;
- Os **indicadores de resultados**, descrevem os efeitos positivos e negativos às partes interessadas, referem-se aos aspetos sociais (resultados) ou têm foco simplesmente nos aspetos ambientais (resultados ambientais), e considerar as relações entre ambos, então estes estariam a referir-se aos aspetos ambientais de custo/benefício, de uma iniciativa de cidade inteligente.

É necessário salientar que este sistema de avaliação de desempenho proposto para um crescimento inteligente das cidades, não deve consistir simplesmente na recolha de dados, deve ser caracterizado mediante avaliações que expressem a diversidade e a complexidade do que é medido. O modelo deve ao mesmo tempo ser simples, de fácil entendimento e satisfazer as necessidades de informação de todas as partes interessadas.

3.8 Sistemas de suporte ao planeamento em cidades inteligentes

Recentemente o conceito de cidade inteligente tem feito parte do vocabulário de uma grande parte dos governos de todo o mundo, companhias de TIC, universidades, este tema conta já com um vasto número de publicações em todo o mundo (GLASMEIER & CHRISTOPHERSON, 2015).

O termo de cidade inteligente, assim como alguns dos temas relacionados, tais como “digital”, “conectividade”, “estranheza” e “inteligência”, têm sido utilizadas pelas cidades das mais diferentes formas (HOLLANDS, 2008).

Uma das origens deste termo reside no conceito desenvolvido por investigadores dos EUA, designadamente, “**crecimento inteligente**” (HARRISON & DONNELLY, 2011). A criação deste conceito foi uma reação à expansão urbana orientada para o automóvel, este termo é também aplicado em algumas cidades dos EUA, está relacionado com a sustentabilidade, e promove uma adaptação de políticas de gestão do crescimento urbano. Estas políticas têm a finalidade de controlar a expansão das cidades, mediante iniciativas e financiamentos que têm como objetivo, desencorajar o crescimento urbano periférico, e assim preservar o espaço rural e ecológico (GREETMAN, 2014).

O conceito de cidade inteligente, surgiu também devido a debates sobre a aplicação das TIC no apoio ao planeamento e gestão das cidades (GOODSPEED, 2015). Para alguns governos, uma cidade inteligente, refere-se aos ambientes urbanos, à informática “penetrante” e “omnipresente”, à introdução de uma gama de dispositivos digitais que têm a função de detetar, monitorizar e gerenciar a cidade (KITCHIN, 2013). Esta vertente enfatiza para que haja uma nova infraestrutura digital, necessária para a obtenção e gestão de novas fontes de dados, de modo a possibilitar a realização de análises, com recurso a dispositivos conectados e adequados, e deste modo viabilizar a gestão da cidade de uma forma inovadora (BATTY *et al.*, 2012)

Se estas duas definições forem agrupadas numa só, TIC orientadas para o suporte ao planeamento com base em objetivos sustentáveis, é obtida uma nova perspetiva (CARAGLIU *et al.*, 2011), sendo que esta definição é traduzida em investimentos no capital humano, social, tradicional e moderno, transportes e TIC, infraestruturas de comunicação, crescimento económico sustentável, e uma melhor qualidade de vida, combinada com uma gestão consciente dos recursos naturais, com base num governo mais participativo.

Uma cidade inteligente não se assenta unicamente nas novas tecnologias TIC, também se deve salvaguardar o capital humano, social e natural (NEIROTTI *et al.*, 2014). Com base nestas perspetivas, é possível ter uma noção do que um projeto de uma

cidade inteligente inclui. Uma cidade inteligente não se rege apenas ao uso das novas tecnologias para monitorizar e gerir as cidades, estas devem ser vistas num sentido mais amplo de governança e sustentabilidade.

Os **sistemas de suporte ao planeamento** (SSP) podem ser definidos com base nos instrumentos tecnológicos e informação geográfica orientada ao planeamento urbano (GREETMAN, 2006). Embora a utilização dos instrumentos informáticos, orientados ao planeamento não seja algo recente, em 1993, HARRIS e BATTY, propuseram que tais esforços fossem categorizados como SSP, promovendo a integração dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), dando a possibilidade de produzir ferramentas robustas e úteis para o planeamento e gestão do território.

O conceito de SSP emerge como um campo ligado aos SIG. Apesar dos SIG serem uma ferramenta de utilização geral e aplicáveis nos mais vastos campos da ciência, engenharia, e na resolução de certos problemas relativos ao território, os SSP, distinguem-se das demais ferramentas, pois destinam-se especificamente ao apoio de tarefas relativas ao planeamento. Estes sistemas estão também, relacionados com os **sistemas de apoio à decisão espacial** (SADE). Os SSP, e os SADE, distinguem-se pelos seguintes aspetos: *i)* Os SSP em geral possuem particular atenção a problemas estratégicos a uma escala mais abrangente; e *ii)* Os SADE têm uma maior especificidade, pois atuam em áreas menores e são geralmente conduzidas por empresas ou organizações (CLARKE, 1990).

De acordo com KLOSTERMAN (1997) a definição de sistemas de suporte ao planeamento, deve servir como informação única, integrada numa estrutura relacionada com a teoria do planeamento, ou seja, devem constar os dados, a informação, o conhecimento, os métodos, e os instrumentos.

Um sistema de suporte ao planeamento, deve incluir a informação geográfica orientada para a Web, mapas interativos da ocupação do solo, informando os utilizadores acerca das regulações formais e restrições à construção. Essa informação deve ser simplificada e de fácil leitura, promover uma comunicação mais sólida, deve também associar tabelas de dados, para que os profissionais tenham uma base

comum, e assim poderem discutir estratégias e produzir os próprios mapas (ARCINIEGAS, *et al.*, 2012).

Uma base de trabalho com uma estrutura igual à anteriormente referida, potencializa as análises espaciais orientadas aos SSP, e dão a hipótese de refletir sobre futuros cenários (STILLWELL, 2009).

Nos últimos anos tem-se observado, um crescimento da investigação nos temas relativos aos SSP. Apesar da adoção de um sistema global de apoio ao planeamento, ter ficado aquém das expectativas dos investigadores (VONK *et al.*, 2005). Alguns dos SSP conseguiram atingir um nível de maturidade e começaram a ser utilizados de uma forma mais regular no planeamento do território.

Estas tendências desencadearam um desenvolvimento na investigação do campo das aplicações dos SSP. Como exemplo, temos os estudos efetuados na procura de uma definição de métricas de desempenhos dos sistemas (TE BROMMELSTROET, 2013), a análise do papel dos SSP, tem por objetivo facilitar a comunicação entre os profissionais (PELZER & GREETMAN, 2014) assim como a análise dos SSP e grupos de resultados (GOODSPEED, 2013).

Como já foi referido no ponto 3.2 “Cidades Inteligentes” as cidades inteligentes têm uma infinidade de definições, objetivos e abordagens, assumindo ainda contornos de um campo de estudo em ascensão, por outro lado, os SSP são um campo de tradição mais erudita, todavia, ainda em evolução, contando já com uma existência de mais de duas décadas.

3.9 A aplicação dos SIG nas Cidades Inteligentes

Os SIG são por excelência um sistema TIC que permitem a gestão e planeamento de um conjunto de atividades no território, garantem a espacialização e georreferenciação de fenómenos que ocorrem diariamente, quer físicos quer de natureza humana, representados num mapa a qualquer hora em qualquer lugar. Os

SIG facilitam a compreensão da informação, que o tornam num instrumento central no apoio à tomada de decisão.

A aplicação dos SIG (**Figura 3.4**) na gestão das cidades inteligentes, aliada a outros sistemas de gestão, vislumbra um largo número de possibilidades de atuação, permitem por exemplo, supervisionar a temperatura e a qualidade do ar, acionar um sistema de telegestão de rega dos espaços verdes, monitorizar os consumos de energia elétrica por secção, freguesia ou edifício, viabilizam a modelação e gestão de infraestruturas, redes de águas e saneamento, administração de frotas, otimização e redefinição de circuitos da rede de transportes públicos ou escolares.



Figura 3.4 Estrutura de um SIG para a gestão das Cidades Inteligentes

Os SIG constituem uma ferramenta chave nas questões estratégicas (**Figura 3.5**) de mobilidade, por exemplo, nas horas de ponta, alterar os sentidos de circulação, e assim impedir que se forme congestionamento automóvel nas vias mais suscetíveis.



Figura 3.5 Plataforma SIG e as suas abordagens no contexto das cidades Inteligentes

Tendo como foco o trabalhador, o estudante ou o turista, os SIG podem facilitar a disponibilização de informação de percursos turísticos, localização de pontos de interesse ou monumentos, possibilitam a pesquisa de serviços, como por exemplo, finanças, aeroportos, farmácias disponíveis, hospitais, um lugar para almoçar ou jantar ou um local de diversão noturna.

Com a massificação da utilização de dispositivos móveis e a difusão das redes sem fios, é hoje possível fazer uma sugestão ou uma reclamação, através de um *smartphone* ou *tablet*, é possível avisar os serviços competentes de qualquer ocorrência, por exemplo, situações na via pública, como a falta de iluminação, um buraco na via, deposição de resíduos em locais desapropriados, ou a ocorrência de um crime.

A rapidez na resposta aos pedidos de socorro, é um fator determinante para as entidades que visam proteger o cidadão. Diariamente são postos à prova um conjunto de agentes locais como policias, proteção civil e bombeiros, o tempo de resposta na prestação de auxílio aos cidadãos, pode ser decisivo e salvar vidas, os SIG têm

possibilitado uma melhoria nos tempos de resposta e na resolução e encaminhamento de meios em situações de emergência ou Catástrofe.

Sabe-se hoje, que quando existe uma vaga de frio ou de calor, aumentam consideravelmente o fluxo às urgências dos hospitais devido a patologias típicas provocadas pelos fatores climáticos, os grupos de maior risco, correspondem às crianças e indivíduos seniores.

Através dos SIG, é possível analisar e supervisionar estes fenómenos e tomar medidas preventivas e assim minimizarem-se os impactos, e assim garantir uma melhor articulação de todos os agentes que integram o sistema de saúde (médicos, hospitais, misericórdias, farmácias, ambulâncias, entre outros). É possível ainda estudar a propagação de fenómenos como epidemias ou pandemias, doenças entre outros.

4 Mobilidade, Acessibilidade e Centralidade

4.1 Conceitos e Critérios

A **Mobilidade** permite alargar horizontes, eliminar fronteiras e barreiras criadas pelo homem, promovem a diversidade cultural baseada na troca de valores, informação, conhecimentos e experiências.

Atualmente a problemática que muitas das cidades enfrentam no que respeita à mobilidade é o congestionamento automóvel, a poluição atmosférica, o que leva a uma desvalorização do espaço público e por consequência ao decréscimo da qualidade de vida dos cidadãos nas cidades (SILVA, 2008).

Muitos autores consideram que o crescimento urbano está ligado à democratização da mobilidade.

A mobilidade pode ser caracterizada pela facilidade de ser móvel, pela simplicidade que um indivíduo tem de se deslocar de um ponto de origem para um ponto de destino específico com recurso a diferentes modos de transporte.

Existem elementos territoriais que atuam como barreiras à mobilidade, os mais comuns são a distância, a rede hidrográfica, o relevo, as condições meteorológicas. Estes elementos são considerados o atrito natural do espaço (COSTA, 2007).

A mobilidade é um objeto de estudo, de planeamento e gestão. A mobilidade de um território pode ser boa ou má dependendo das externalidades¹ associadas ao seu consumo. Por exemplo o movimento de um automóvel numa área histórica tem muitas externalidades negativas, por outro lado, se uma criança tem a hipótese de se deslocar para a escola sem a necessidade de recorrer a nenhum transporte, então essas externalidades são positivas.

¹ Externalidades - Uma externalidade é um custo ou um benefício imposto a alguém por ações de outros, sem compensação. Um benefício imposto é uma externalidade positiva: *e.g.* Melhores hábitos de condução reduzem o risco de acidentes; Um progresso científico; Educação. Um custo imposto é uma externalidade negativa: *e.g.* Poluição atmosférica; Poluição das águas; Trânsito.

A mobilidade é um conceito vasto, e não pode ser descrito sem que intrinsecamente se fale da acessibilidade. A acessibilidade consiste na possibilidade de se poder aceder a um local, ou conjunto de locais mais facilmente, estando esta fortemente dependente da conectividade, sendo que a acessibilidade é função da cobertura do território por infraestruturas de transporte, e é tanto maior quanto maior a permeabilidade do território à rede de infraestruturas. É, tal como a conectividade, um indicador forte da estruturação do espaço, na ponderação sobre a localização das atividades e também ou, consequentemente, na valorização do espaço (MORGADO, 2012).

Assim, surge o conceito de **mobilidade inteligente**. A mobilidade inteligente não é uma iniciativa única, mas um conjunto de projetos e ações complexas, com diferentes objetivos, conteúdos e tecnologias. As TIC são a base da iniciativa de mobilidade inteligente.

A mobilidade inteligente é apenas um dos tópicos que se relacionam diretamente com o tema das cidades inteligentes (NAM & PARDO, 2011). É, contudo, um tópico crucial, com um impacto em diversas dimensões das cidades inteligentes. A mobilidade nos mais variados aspetos promove uma melhor qualidade de vida aos cidadãos, e todas as partes interessadas que esperam benefícios na implementação dos projetos cidades inteligentes (ARENA *et al.*, 2013). A mobilidade inteligente é uma das componentes das cidades inteligentes (SCIULLO & OCCELLI, 2013).

Com base numa análise à literatura sobre mobilidade inteligente, foram verificados alguns aspetos e objetivos: Redução da poluição; Redução do congestionamento automóvel; Aumento da segurança pública; Melhoria na velocidade de transferência; e Redução dos custos de transporte.

Um sistema de mobilidade mais inteligente nas cidades, deve ir ao encontro de todos os paradigmas que formam uma cidade inteligente, que são: a cidade digital, a cidade verde e a cidade do conhecimento:

- **Cidade digital** porque o sistema de tráfego podem utilizar as TIC, e aplicações orientadas, por exemplo, a otimizar os fluxos de tráfego, suportar de forma mais eficiente as rotas dos transportes públicos, a coleta de opiniões e

sugestões dos cidadãos sobre a mobilidade urbana, entre outros exemplos (EVENS *et al.*, 2012).

- **Cidade verde**, pois o impacto ambiental dos transportes são uma das causas principais da poluição nas cidades (ZYGARIAS, 2013)
- **Cidade do conhecimento**, pois o conhecimento sobre o tema dos transportes depende também, da troca de valores e conhecimentos dos cidadãos e de comportamentos mais inteligentes.

A mobilidade inteligente é, todavia, um tópico multifacetado, que envolve todos os paradigmas, e geram um conjunto de benefícios heterogêneos para todas as partes interessadas numa cidade inteligente. Podem agir como agentes de iniciativas de mobilidade inteligente, o que pode mover ações e ganhos.

O conceito de **centralidade** encontra-se intrinsecamente ligado às noções de acessibilidade e mobilidade. Este conceito foi formalizado por um conjunto de investigadores, este conceito prende-se na questão: Qual o vértice mais importante ou central numa rede? É possível delinear diversos sentidos na definição da importância de um nó, assim como diferentes medidas para calcular a centralidade numa rede (NEWMAN, 2012).

A medida de centralidade mais comum é o grau de centralidade de um nó, ou o número de nós conectados a ele. O grau de centralidade nas redes sociais enfatiza o uso de uma medida de centralidade. Nas redes diretas, os nós da rede têm 2 tipos de classificação - *in-degree* e *out-degree* - e ambos podem ter a sua utilidade dependendo das circunstâncias (NEWMAN, 2012), e.g. se o agente está a entrar ou sair de uma localidade.

Apesar da medida de centralidade ser simples, esta pode ser elucidativa no que diz respeito à configuração da rede. Nas redes sociais, por exemplo, é razoável afirmar que um dado indivíduo, que beneficia de várias conexões com outros, pode efetivamente tratar-se de uma pessoa influente, com maior acesso à informação e mais prestígio do que aqueles que têm menos conexões. Um exemplo de uma rede não social, é a utilização de citações de um determinado autor em artigos científicos. O número de vezes que um autor é citado por outro é considerado um *in-degree* numa

rede de citações, o que dá uma medida aproximada do quão influente foi essa investigação científica (NEWMAN, 2012).

4.2 Métricas de acessibilidade e centralidade

Com base no conhecimento da estrutura da rede, é possível obter-se um conjunto de resultados quantitativos ou de medidas que caracterizam a topologia da rede. Muitas das ideias que derivam deste campo, advêm principalmente das ciências sociais, mais concretamente da análise das redes sociais, o foco destas está na compreensão dos seus dados, e na linguagem que é utilizada para as descrever este tema tem reflexos e origem na sociologia, todavia muitos dos métodos utilizados na análise de redes têm sido ampliados para outros campos da ciência, nomeadamente a ciência computacional, física, biologia, e nos últimos tempos têm sido adequadas para ferramentas de análise de redes (NEWMAN, 2012).

Nos estudos de **análise de redes**, normalmente são utilizados dois elementos na sua representação – nós e arcos. No caso da rede urbana, os arcos correspondem aos segmentos das ruas, e os nós são as junções entre as vias, i.e., onde dois ou mais segmentos se interseitam. (PORTA *et al.*, 2005). Estes elementos correspondem à representação primitiva dos grafos espaciais. Alguns analistas inverteram esta representação, ilustrando os segmentos das vias como nós e as junções como arcos, conhecida como a representação dual. Esta representação é normalmente utilizada em metodologias de sintaxe espacial (HILLIER, 1996).

A importância da distinção entre as duas abordagens, primitiva e dual, reside na forma como ambos os grafos são representados, e consequentemente na interpretação dos índices que são utilizados para medir as relações entre os grafos e os elementos.

Enquanto a representação primitiva dos grafos utiliza as métricas para medir distâncias e inter-relações entre os grafos e os elementos, os grafos de representação dual, foca-se nas métricas das distâncias topológicas entre os elementos do grafo (i.e.,

o número de conexões e não a distância dessas conexões). Ambas as representações descrevem fenómenos semelhantes, e ambas as unidades de análise são nós e arcos. A análise resulta no grau de conexão de um dado nó com os segmentos envolventes numa rede.

Estas abordagens apresentam uma maior facilidade no processamento computacional mesmo em redes com grandes dimensões. No entanto estas focam-se exclusivamente nos nós e segmentos, o que representa uma maior dificuldade na interpretação teórica e na aplicação prática em ambientes urbanos reais. Neste contexto, ganha destaque a necessidade da integração de outros elementos urbanos (e.g., edifícios) no processo de modelação.

O edificado tem extrema importância nas interações espaciais, pois é o local de residência das pessoas, e é também onde estão localizadas a maioria das atividades urbanas, os edifícios são também onde a maioria das interações começam e acabam. Em certos casos, o facto de uma rede de estradas estar fortemente conectada pode não explicar muitas das interações urbanas se o objetivo for aferir quais as vias com maior fluxo de tráfego, qual o melhor local para a localização de um negócio, ou o valor do solo numa determinada área urbana. Os edifícios acomodam a maioria das atividades urbanas e atuam como pontos de origem ou destino nas movimentações urbanas. Os nós e os arcos numa rede viária são o espaço onde o tráfego de pessoas e veículos fluem, estes fluxos por sua vez desenvolvem-se entre os edifícios. A representação dos nós e arcos num grafo ignora a variação na densidade do edificado.

A maioria das tomadas de decisão acontecem ao nível do edificado, os resultados obtidos com base em nós e arcos apresentam alguma dificuldade na sua interpretação para os órgãos decisores. Se se utilizar os segmentos como unidades de análise, todas as atividades nesse mesmo segmento obteriam o mesmo valor de acessibilidade. Um edifício localizado numa intersecção de uma via obteria o mesmo resultado de acessibilidade de um outro edifício localizado na parte intermédia desse mesmo segmento, em que as diferenças entre locais são completamente ignoradas.

Um largo número de representações urbanas mediante grafos, têm sido tratados sem que lhes sejam atribuídas quaisquer ponderações, tanto aos nós, como aos arcos,

fazendo com que os mesmos exibam a mesma importância na rede independentemente do lugar. A representação não ponderada dos elementos da rede pode simplificar a análise, todavia pode também apresentar alguns riscos. Uma rede sem elementos ponderados implica que uma rua sem edifícios tenha o mesmo peso de uma rua onde estejam localizados um grande número de arranha-céus. Da mesma forma com uma grande cobertura industrial, tenha o mesmo peso de uma rua ocupada por atividades comerciais e de serviços. Uma rede sem a ponderação dos elementos limita estritamente a análise às propriedades geométricas da rede, ignorando toda a informação envolvente como, edifícios, e os serviços e atividades localizadas nas vias.

A fim de migrar estas deficiências na análise de redes, emerge a necessidade de introduzir duas importantes modificações na representação estrutural da rede, através da adição dos edifícios para a representação dos resultados, adotando uma representação tripartida que consiste em três elementos: Arcos, que representam os caminhos, os nós, que correspondem à interseção entre dois ou mais caminhos, e os edifícios, que representam a intermediação por onde o tráfego flui, assim desta forma a unidade de análise passa a ser o edificado, permitindo que os diferentes índices sejam calculados separadamente para cada edifício, o que permite que sejam analisados padrões de usos do solo e densidade de construção, sendo que na maioria dos métodos de análise de redes estas abordagens não são realizadas.

Assim, é assumido que cada edifício é conectado através do seu centroide à rua (arco) mais próxima. Esta representação é convenientemente adaptada à extensão *Network Analyst* do ArcGIS, onde são obtidos os destinos dos percursos, representados por pontos geograficamente posicionados. O analista pode também optar ao invés de utilizar os edifícios com implantação poligonal, utilizar um modelo de pontos.

Outra característica fundamental é a introdução dos pesos dos elementos da rede. Cada edifício mediante as suas características pode obter diferentes pesos, estes pesos podem ser traduzidos em, número de residentes, número de empregados por edifício dimensão entre outros. A representação da ponderação de cada edifício abre desta forma uma escala de opções que permite realizar diferentes estudos relativamente às interações espaciais entre os edifícios e à rede viária da cidade.

4.2.1 Índice de Alcance

O **índice de alcance** pode ser interpretado como uma alternativa a uma medida de densidade (*e.g.*, densidade populacional e a sua relação com a rede de estradas, ou seja, o numero de pessoas que poderá efetivamente passar por um determinado edifício para além da população residente desse mesmo edifício), independentemente do modo de transporte (*e.g.*, bicicleta, a pé, ou de carro).

Esta medida pode ser um forte indicador para a alocação ou escolha da localização de serviços de retalho e outros estabelecimentos, mesmo na presença de covariantes.

O índice de alcance corresponde ao cálculo da quantidade de edifícios que a rede abrange sobre área de adjacência especificada pelo utilizador (SEVTSUK, 2010).

A centralidade de alcance $R'[i]$ de um edifício i no grafo G , e $|S|$ é a cardinalidade do conjunto S . Se os nós em G têm peso, então o alcance é definido de acordo:

$$R'[i] = |\{j \in G - \{i\} : [i, j] \leq r\}| \quad (4.1)$$

Em que $d[i, j]$ é a distância mais curta entre os nós $i \rightarrow j$ no grafo G com os respetivos pesos, desta forma o alcance segue a seguinte equação:

$$Reach[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i, j] \leq r} W[j] \quad (4.2)$$

Onde $W[j]$ é o peso do nó j indicado na **Figura 4.1**, que representa graficamente a forma como índice de alcance é calculado.

Para elaborar o cálculo do índice de alcance, é traçada uma área adjacente a partir de todos os edifícios j sobre a rede, até o limite do raio ser alcançado. O índice de alcance corresponde ao número de destinos j (representado na imagem abaixo com pontos mais pequenos) que são abrangidos pelo raio especificado.

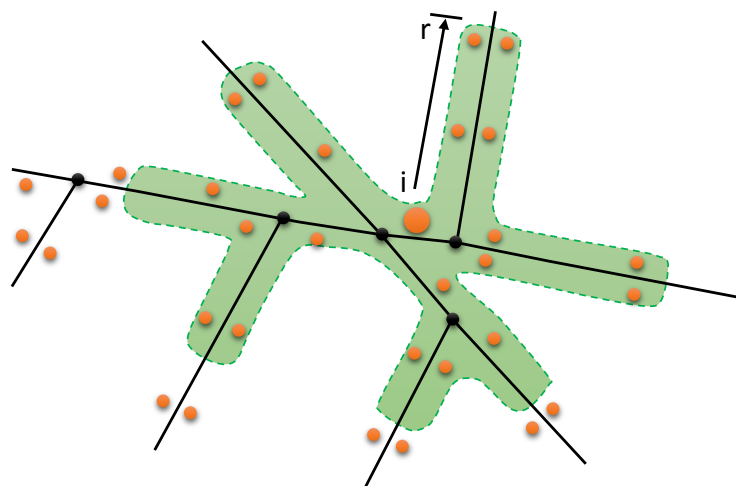


Figura 4.1 Alcance do edifício j na rede

Esta métrica pode ser calibrada para medir qualquer tipo de destino. Para simplificar o processo da quantidade de edifícios que estão dentro do raio de procura, o peso do nó pode ser deixado em branco, neste caso o resultado seria o número de destinos de um edifício. Para medir o peso através da dimensão ou volume do edifício ou população, o alcance pode definir esse atributo como peso na rede. O utilizador pode obter também o número de atividades ou destinos do uso do solo, podem ser utilizados o número de empregos, residentes ou o número de estabelecimentos na envolvente, como atributo de peso na rede.

4.2.2 Índice Gravítico

Em 1687, Sir Isaac Newton formalizou a lei universal da gravidade – dois corpos num universo atraem-se mutuamente na proporção do produto das suas massas e inversamente com a sua distância ao quadrado – Numa analogia direta à lei de Newton, cientistas sociais, em domínios como a economia, geografia, demografia e sociologia (e.g., STEWART, 1948; ISARD, 1956; HANSEN, 1959) sugeriram que dois países, regiões, distritos ou cidades, interagem entre si, em proporção do produto das suas massas, e inversamente em função da distância que as separa.

Quando a interação (I_{ij}) entre dois locais i e j se refere ao fluxo de emigrantes, bens, tráfego, ligações telefônicas, etc.; M_i , M_j corresponde à massa da população de i e j , dimensão dos centros comerciais, relativamente a d_{ij} este refere-se à distância económico-geográfica (distância custo), distância social, entre outros, e k corresponde à normalização constante.

Uma interessante aplicação da interação gravitacional, é a lógica de REILLY, (2931) lei da gravidade aplicada ao retalho, esta tem o propósito de determinar as fronteiras entre diferentes mercados das cidades:

$$I_{ij} = kM_iM_j / f(d_{ij}) \quad (4.3)$$

Onde BP é a distância de uma determinada cidade a até a um ponto de rotura, quer dizer que se trata da fronteira com a cidade b ; Da ; b é a distância das cidades $a \rightarrow b$, já P_a e P_b é a população das cidades a e b .

$$BP = Da, b / 1 + \sqrt{P_a / P_b} \quad (4.4)$$

Os primeiros modelos urbanos de interação gravítica, foram formulados mediante uma analogia direta à lei de Newton - $f = I / d^2$ - resultado de um leque de estudos de natureza empírica, onde se concluiu que a potência 2 não se adequa a grande parte dos casos, levando a que o modelo sofresse uma generalização - $f = I / d^a$ - onde a potência de a é determinada de um modo empírico.

No seguimento de um estudo realizado por WILSON (1970) “Modelo de Entropia urbana e regional”, o autor formalizou a equação mediante:

$$I_{ij} = A_i B_j M_i \exp(-bd_{ij}) \quad (4.5)$$

Em que A_i e B_j correspondem aos fatores de equilíbrio, podendo também serem interpretados como “acessibilidade” e “potencial”. Estes dois termos são interessantes porque permitem conceber uma imagem da cidade, bem como a sua superfície de acessibilidade, descrevendo a acessibilidade dos habitantes em relação à distribuição espacial dos bens e serviços existentes, por outro lado a superfície de potencial, traça

o potencial dos cidadãos (*e.g.*, exigência espacial) a vários comércios ou serviços no centro da cidade. A **Figura 4.2** representa um exemplo típico desta situação.

A família dos modelos de interação gravítica são provavelmente a forma mais proeminente de psicanalismo no estudo das cidades e no seu planeamento a um nível mais básico.

O mapa da cidade (**Figura 4.2**) é decomposto em células com coordenadas X e Y, onde A é o nível de acessibilidade. Essa acessibilidade da periferia ao centro da cidade, aumenta com a aproximação ao centro e sofre posteriormente um decréscimo motivado pelo potencial congestionamento de tráfego automóvel.

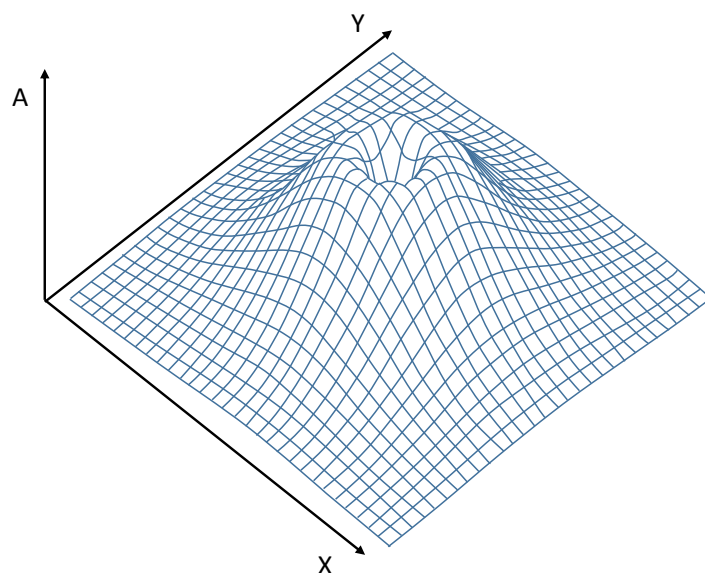


Figura 4.2 A cidade de Manchester como superfície de acessibilidade (adaptado de NEWMAN, 2012)

O psicanalismo é um aspeto Newtoniano-mecanicista, trata-se de uma visão global que forma as bases para todas as ciências positivistas (PORTUGALI, 1985).

A família dos modelos de interação gravitacional é a forma mais proeminente de psicanálise, mas não é a única (OLLSON, 1975).

O expoente negativo da distância $-\exp(-bd_{ij})$ é o fundamento da teoria da localização económica das cidades, assim como dos modelos de simulação (HÄGERSTRAND, 1967), difusão de uma inovação, (MORRILL, 1965) ou nas dinâmicas de segregação étnica.

O **índice gravítico** é uma medida que combina o número de destinos, a sua atratividade, e o custo para se alcançar esses destinos num valor único.

Em aplicações anteriores este índice tem sido utilizado na distribuição do uso do solo (HANSEN, 1959), o mesmo constitui também a base do modelo de HUFF que é um modelo de apoio à tomada de decisão na escolha mais rentável e propícia para a implantação de um serviço de retalho por exemplo (HUFF, 1963). O índice gravítico é também uma medida para estimar a distribuição do emprego (WADDELL, 2003; ERLANDER & STEWART, 1990)

Onde o índice de alcance considera somente o número de destinos ao redor de cada edifício dentro de um raio de ação (contanto com o peso que cada edifício tem na rede), o índice gravítico mede adicionalmente fatores espaciais de impedância requeridos para cada destino, mantendo-se atualmente como a medida espacial de acessibilidade e transportes mais utilizada na investigação.

A medida gravítica assume que a acessibilidade no edifício i é proporcional à atratividade (peso) dos destinos j à envolvente de i , e inversamente proporcional às distâncias $i \rightarrow j$, a formalidade matemática deste índice traduz-se pela seguinte equação:

$$Gravity[i] = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{w[j]}{\beta - d[i,j]} \quad (4.6)$$

Em que $Gravity[i]$ corresponde ao índice de gravidade de um edifício no grafo G no raio de ação r (especificado na caixa de ferramentas), $W[j]$ é o peso do destino j , $d[i,j]$ é a distância entre o edifício $i \rightarrow j$ e β é o ajustamento exponencial do efeito do cadencia da distância.

O índice gravítico captura a atração dos destinos $W[j]$ assim como o limiar da distância do percurso, requerida para alcançar os mesmos $d[i,j]$, numa combinação de

medidas de acessibilidade (considerando dois edifícios na mesma vizinhança próximos a um dado serviço, o primeiro edifício estando a 1 km, e o segundo a 500 m. apesar de ambos os edifícios possuírem o mesmo numero de destinos possíveis (um) e os mesmos terem a mesma importância, o índice gravítico considera que o edifício mais próximo do serviço é mais acessível do que aquele que se encontra mais distante). Caso não sejam atribuídos pesos aos edifícios, o peso dos mesmos seria 1.

O efeito inverso da distância especificado no índice gravítico decresce exponencialmente. A forma exata do decréscimo da distância pode ser controlada através do expoente β . O valor de β e a correspondente forma de decréscimo da distância derivam do modo como é feito o percurso. Investigadores encontraram o valor de β de locomoção por meio pedonal em minutos que é “0,1813” (HANDY & NIEMEIER, 1997). Caso o valor de β não seja definido, o valor por defeito será 0.

4.2.3 Centralidade *Betweenness*

A medida de FREEMAN (1977) designada de **centralidade *betweenness*** das Redes Complexas permite ao analista identificar espacialmente qual o nó pelo qual se tem de passar de mais vezes, na deslocação entre nós da rede (MORGADO, 2012).

A ideia da centralidade *betweenness* é normalmente associada a FREEMAN, (1977), no entanto, de anos antes da sua descoberta, Anthonisse propôs a mesma medida, num relatório técnico não publicado. A centralidade *betweenness*, pode ser exemplificada da seguinte forma:

Suponhamos que temos dentro de uma rede um qualquer fluxo, que viaja de um vértice para outro ao longo dos segmentos, passando obrigatoriamente por um outro conjunto de vértices. Vejamos o seguinte cenário: Numa rede social, onde acontece a circulação de mensagens, notícias, informação, ou rumores, que são passados de pessoa para pessoa, ou na internet, os chamados pacotes de dados que se movem pela rede por exemplo.

Supondo que cada par de vértices na rede faz a troca de informação com igual probabilidade por unidade de tempo (todos os pares de vértices conectados pelos caminhos) e essa mensagem toma sempre o caminho mais curto na rede ou um outro caminho escolhido aleatoriamente se os houver. Caso esta troca de informação demore um período relativamente longo até que um determinado número de mensagens atravessa cada vértice, quantas mensagens são passadas por cada vértice até chegar ao seu destino? Desde que as mensagens sejam passadas por cada caminho a uma frequência igual, então o número de passagens por cada vértice é proporcional ao número de vértices por onde essa mensagem passa. O número de caminhos denomina-se de centralidade *betweenness*, ou intermediação do caminho mais curto.

Os vértices com um grande número de passagens, são considerados influentes numa rede, em virtude do seu controlo sobre a informação que nela é processada até ao seu destino. Os vértices com um grande número de passagens mediante o cenário criado anteriormente são aqueles que têm um valor mais elevado na centralidade *betweenness*.

A **Figura 4.3** ilustra a definição da **centralidade *betweenness***, ou seja, qualquer que seja o caminho percorrido entre o vértice *A* (origem) e o vértice *B* (destino) sendo que o vértice *C* constitui um ponto de passagem obrigatório, desta forma assume-se que o vértice *C* é aquele que obtém o valor mais elevado de centralidade nesta métrica.

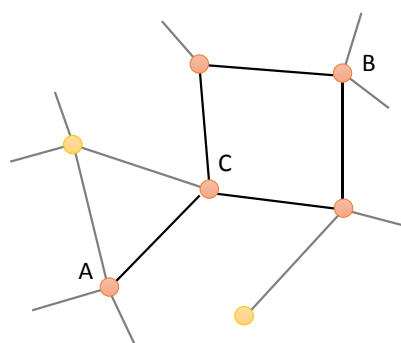


Figura 4.3 Exemplo da centralidade *betweenness*

Normalmente numa rede (*e.g.*, telecomunicações), os vértices com os valores mais elevados de centralidade *betweenness*, são os candidatos a serem removidos da rede

pelo facto dos mesmos se encontrarem conectados a muitos caminhos, dificultando as comunicações.

A centralidade *betweenness* pode ser aplicada também, às redes diretas. Nas redes diretas o caminho mais curto entre 2 vértices depende, em geral da direção em que a viagem é feita, o caminho mais curto entre $A \rightarrow B$ poderá eventualmente ser diferente do caminho mais curto entre $B \rightarrow A$. Ou seja poderá existir um caminho numa determinada direção, e não em outra. É importante mencionar também que numa rede direta, estão incluídos os números de caminhos das diferentes direções.

A centralidade *betweenness* difere-se das demais medidas de centralidade, pois esta não mede apenas o grau de conexão de um vértice numa rede, mede também a quantidade de vezes que um vértice é atravessado num caminho entre outros vértices.

Se Considerar a situação que ocorrente na **Figura 4.4**, onde o vértice *A* que se encontra na ponte entre os dois grupos de vértices na rede (Grupo 1 e Grupo 2), a probabilidade do vértice *A* obter um valor elevado na centralidade *betweenness* é alta, independentemente do mesmo se encontrar na periferia de ambos os grupos, não beneficiando de uma forte conexão com os restantes vértices.

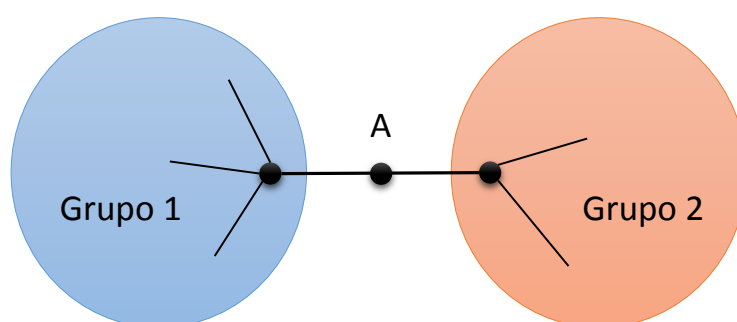


Figura 4.4 Vértice com grau reduzido com um elevado grau de centralidade *betweenness*

Apesar do vértice *A* não beneficiar claramente de valores elevados em outras métricas (eg., índice gravítico, índice de proximidade), nesta métrica o vértice *A* assume uma elevada influência na rede, pois constitui um ponto de controlo da informação processada na rede.

A razão pela qual este vértice adquire um elevado grau de centralidade *betweenness* deve-se ao facto de se tratar de um ponto de passagem obrigatória no caminho entre o grupo 1 e grupo 2. Na literatura sociológica, este tipo de vertices são normalmente designados de pontos de rutura (DAVIS, YOO & BAKER, 2003).

A centralidade *betweenness* tem também uma outra interessante particularidade: o valor é normalmente distribuído ao longo de um largo intervalo. Sendo que o valor máximo da centralidade *betweenness* possível de um vértice obter ocorre quando o mesmo se encontra no caminho mais curto entre um par de vértices. Um caso típico onde esta ocorrência se verifica é no grafo em estrela (**Figura 4.5**), este grafo corresponde a uma rede composta por vértices ligados $n-1$ a um único vértice central. Nesta situação o vértice central encontra-se ligados a todos os caminhos entre os vértices n^2 existentes na rede, constituindo um ponto de conexão entre todos os vértices $n-1$ que se encontram na periferia. Assim a centralidade *betweenness* na rede com um único componente é $2n-1$, desde que o mínimo em cada vértice se encontre em todos os caminhos que comecem e terminem neles mesmos. Existem $n-1$, caminhos entre os nós, assim a centralidade *betweenness* do vértice central é igual é $n^2 - n + 1$. No outro extremo da escala, o valor mais baixo possível de se obter na centralidade *betweenness* dentro da rede com um componente singular é $2n-1$ desde que cada vértice se encontre em todos os caminhos que comecem ou acabem neles mesmos.

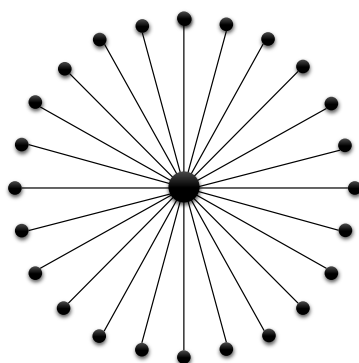


Figura 4.5 Grafo em estrela

A centralidade *betweenness* tem a utilidade de permitir cruzar os dados demográficos de um edifício com os resultados obtidos. Estudos anteriores têm

demonstrado que a centralidade *betweenness* pode ser um importante fator de localização para explicar a distribuição espacial das indústrias de retalho e estabelecimentos de prestação de serviços em áreas urbanas mais densas (PORTA *et al.*, 2009; SEVTSUK, 2010).

A centralidade *betweenness* de um edifício é definida como uma fração do caminho mais curto entre um conjunto de edifícios na rede que atravessem o edifício *i* (FREEMAN, 1977). Caso haja mais do que um caminho mais curto entre dois vértices, usual nas malhas ortogonais, é atribuído o mesmo peso aos caminhos com a mesma distância, e posteriormente são somados à unidade. Este modelo pode ser formalizado pela seguinte equação:

$$Betweenness[i]^r = \sum_{jk \in G - \{i\}, d[j,k] \leq r} \frac{n_{jk[i]}}{n_{jk}} . W[j] \quad (4.7)$$

Onde $Betweenness[i]^r$, é a intermediação do edifício *i* dentro da área adjacente do raio *r* (especificada na caixa de ferramentas da ferramenta UNA); $n_{jk[i]}$ é o número de caminhos mais curtos entre $j \rightarrow k$ e que atravessem o nó *i*; n_{jk} é o total de caminhos mais curtos entre $j \rightarrow k$.

A centralidade *betweenness* para o edifício *i* é processada tendo em conta os edifícios *j* e *k*, dentro do raio *r* de ambos os edifícios. O processo não se executa tendo em consideração todos os pares de edifícios *j, k* que estão dentro da distância $r \rightarrow i$. Isto porque não são consideradas nenhuma deslocações entre 2 edifícios que sejam maiores que a distância *r*. Se um conjunto de edifícios *j, k* estiverem inseridos na distância de *r* e o caminho mais curto entre *j, k* ou o inverso, e o mesmo atravesse o edifício *i*, neste caso, *j* e *k* estão certamente incluídos na distância $r \rightarrow i$.

4.2.4 Índice de Linearidade

O **índice de linearidade** determina o percurso mais curto entre um nó com interesse em relação aos outros nós do sistema. Pode-se afirmar que esta métrica está mais próxima do cálculo da distância euclidiana (VRAGOVIC *et al.*, 2005).

O índice de linearidade, captura as distâncias dos desvios nos percursos, resultantes dos contrastes geométricos da rede viária, os mesmos são comparados com os valores das distâncias em linha reta.

O índice de linearidade é formalmente definido por (Porta *et al.* 2005):

$$Straightness[i]^r = \sum_{j \in G - \{i\}, d[i,j] \leq r} \frac{\delta[i,j]}{d[i,j]} \cdot W[j] \quad (4.8)$$

Onde $Straightness[i]$ é o índice de linearidade de um edifício i dentro do raio r , $\delta[i,j]$ corresponde à linha reta da distância euclidiana entre os edifícios $i \rightarrow j$, e $d[i,j]$ é o caminho mais curto da rede entre os mesmos edifícios.

O índice de linearidade ilustra o comprimento das conexões dos caminhos mais curtos de cada edifício ao redor dos vários pontos j , em comparando-os à distância euclidiana.

É natural que os valores das distâncias entre nós sejam diferentes entre a distância da rede e a distância euclidiana. Por exemplo, a distância de Mem Martins até à vila de Sintra em linha reta é mais curta do que a distância entre os mesmos pontos. O índice de linearidade só pode ser utilizado se o atributo do limiar da distância estiver definido como distância linear.

5 Dados e metodologia

5.1 Área de estudo

O município de Sintra (contornado com uma linha mais expressa a cinzento (**Figura 5.1**) faz parte dos concelhos da Área Metropolitana de Lisboa (AML), está enquadrada a Oeste do Oceano Atlântico, limitada a Norte pelo município de Mafra, Nordeste pelo município de Loures, a Este do município de Sintra situam-se Odivelas e Amadora, a Sudeste encontramos Oeiras e a Sul Cascais.

Sintra tem uma área total de 319 km². De acordo com os resultados definitivos do último Recenseamento de 2011, Sintra tem um total 377 835 habitantes (INE, 2011).

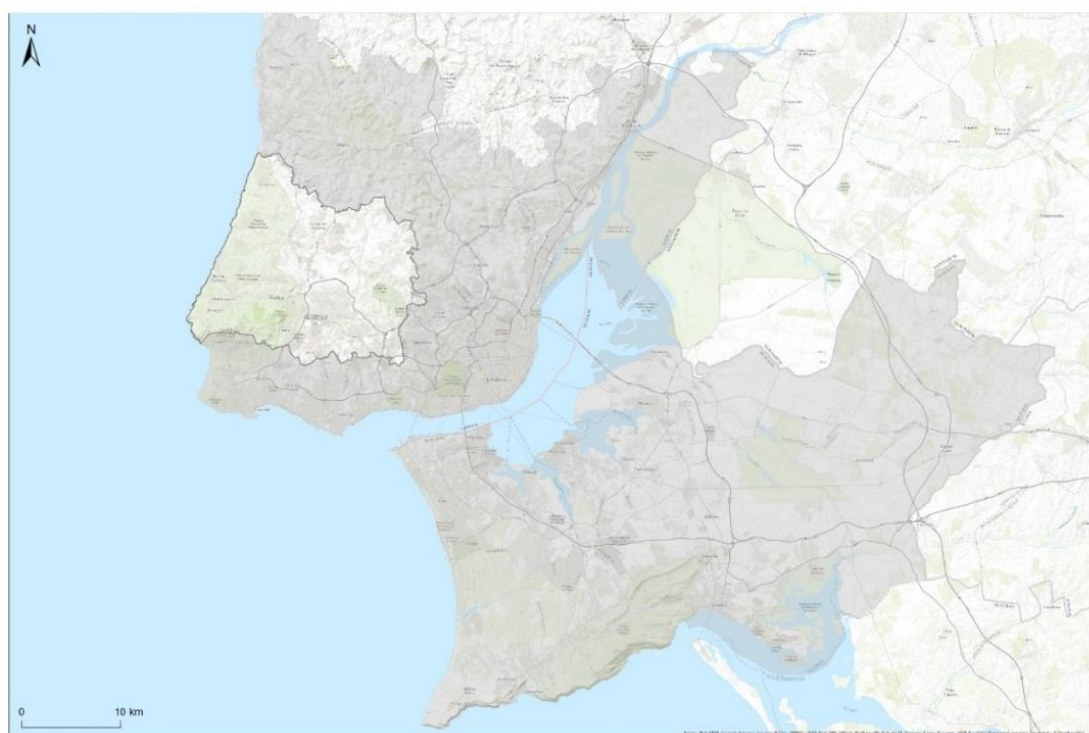


Figura 5.1 Município de Sintra no Contexto da AML

As freguesias que constituem o município são: Colares; Casal de Cambra; União das Freguesias de S. João das Lampas e Terrugem; União das Freguesias de Almargem do Bispo, Pêro Pinheiro e Montelavar; União das Freguesias de Sintra (St^a Maria e S. Miguel, S. Martinho e S. Pedro Penaferrim); União das Freguesias de Cacém e S. Marcos; União das Freguesias de Agualva e Mira Sintra; Rio de Mouro; União das Freguesias de Massamá e Monte Abraão; União das Freguesias de Queluz e Belas;

Algueirão - Mem Martins, de acordo com reorganização administrativa do território ocorrida em 2001.

Para análise dos resultados, foram selecionados os resultados obtidos dentro dos 3 lugares que podem ser vistos na **Figura 5.2** Para este efeito não foram consideradas a reorganização administrativa do território, mas o *continuum* urbano *i.e.*, os lugares.

Os 3 lugares designados para a análise foram, os 4 centros urbanos mais importantes do eixo urbano de Sintra: Agualva-Cacém; Queluz Belas e Massamá (analisados em conjunto); Algueirão - Mem Martins.

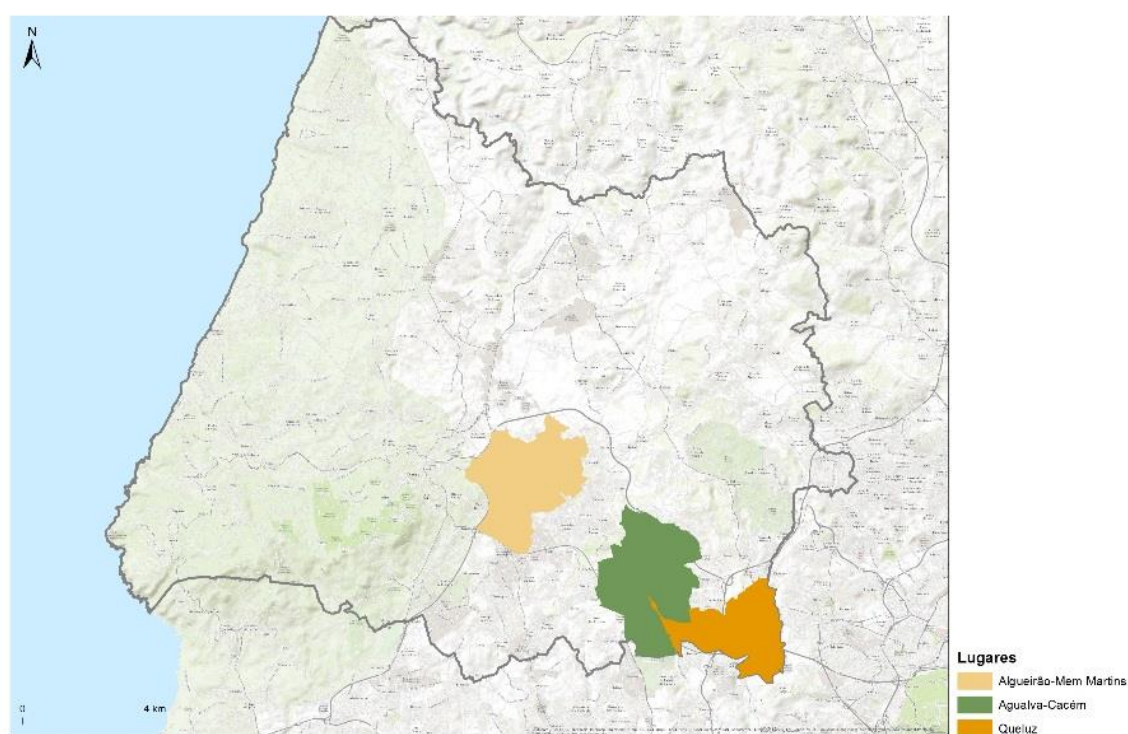


Figura 5.2 Enquadramento geográfico das cidades para análise das métricas

O que motivou a escolha dos 4 lugares para a análise foi essencialmente por estes serem aqueles que apresentam uma maior densidade de alojamentos e população residente como mostra o **Quadro 5.1**, mas também por ostentarem os resultados (nas métricas) mais interessantes de analisar.

Quadro 5.1 Número de Alojamentos e Indivíduos residentes nas freguesias do município de Sintra (2011)

Freguesias	Número de Alojamentos	Número de Indivíduos Residentes
Algueirão-Mem Martins	30851	66250
Almargem do Bispo	4529	8983
Colares	6041	7628
Montelavar	1779	3559
Queluz-Belas	24879	52335
Rio de Mouro	22003	47311
Sintra (Santa Maria e São Miguel)	4931	9364
São João das Lampas	6713	11392
Sintra (São Martinho)	3545	6226
Sintra (São Pedro de Penaferrim)	6306	14001
Terrugem	2507	5113
Pêro Pinheiro	2400	4246
Casal de Cambra	5738	12701
Massamá	12692	28112
Monte Abraão	10042	20809
Agualva-Cacém	27368	57113
Mira-Sintra	2385	5280
São Marcos	8145	17412
Concelho de Sintra	182854	377835

5.2 Dados de entrada

Os dados de entrada correspondem a dois tipos distintos de informação: dados espaciais e dados alfanuméricos (estatísticos). No primeiro utilizaram-se os dados referentes às cotas de base e de topo dos edifícios (fonte: CM-Sintra), o uso e ocupação do solo (fonte: CM-Sintra), a Base Geográfica de Referenciação de Informação (BGRI), que subdivide o concelho em subsecções estatísticas (fonte: INE) e a rede de estradas (fonte: Here). Todos os dados reportam a 2011 e estão representados em estrutura vetorial (formato *shapefile*) através de um modelo de dados poligonal à escala 1:10 000, com exceção da rede viária que data de 2005 e está representada através de um modelo de dados linear. Todos os dados foram compatibilizados segundo o sistema de referência PT-TM06/ETRS89 – *European*

Terrestrial Reference System 1989, de acordo com as normas Europeias. No segundo caso, utilizaram-se as estatísticas referentes à população residente à subsecção em 2011 (fonte: INE).

Para a aferição das métricas de acessibilidade e centralidade são necessários dois níveis primordiais de informação: *i)* Um conjunto de dados da rede, no caso as vias de comunicação nas quais o edificado se encontra localizado, ligados a um ficheiro em formato “.nd”, resultante de processos de análise espacial (da ferramenta Network Analyst), e que traduz as interceções e possíveis destinos na rede; e *ii)* Um ficheiro em estrutura vetorial, com a localização dos edifícios. Neste caso é possível optar-se entre um modelo de pontos (centroide do edifício), ou um modelo poligonal.

Os edifícios são utilizados no cálculo da análise como nós no grafo, aos quais se podem introduzir pesos caso o utilizador os forneça. Se o utilizador optar por utilizar o edificado estruturado num modelo poligonal, cada edifício será conectado perpendicularmente com o segmento mais próximo desde o seu centroide.

O utilizador pode providenciar também outras variáveis de entrada, estruturadas num modelo de pontos, e dividir o total dos pesos correspondentes aos edifícios pelo número de entradas utilizadas. Resultando numa rede de centralidades para múltiplas entradas de pontos, agregadas ao mesmo edifício e posteriormente somada aos pesos do edifício.

5.3 Aplicações informáticas

O presente trabalho, foi desenvolvido em ambiente SIG **Figura 5.3**, apoiado pelo *software* ArcGIS® ESRI™. Para o cálculo das métricas de acessibilidade e centralidade optou-se pela ferramenta *Urban Network Analisys* (UNA,) criada pelo *Martin Center*, a qual teve como propósito inicial a elaboração de estudos de caracterização de uso do solo. Esta ferramenta foi posteriormente desenvolvida pela *Space Group* da *London's Global Univeristy*, pela *Human Space Lab*, e por investigadores ligados ao estudo da análise de redes (MARTIN & MARCH, 1971; HARARY, 1969; PORTA *et al.*, 2005).

A ferramenta UNA possibilita o cálculo de 5 métricas de rede: índice de alcance; índice gravítico; centralidade *betweenness*; índice de linearidade e índice de proximidade² (SEVTSUK & MEKONNEN, 2012).

Esta estrutura de análise destina-se especialmente a *designers* urbanos, geógrafos, arquitetos, planeadores, urbanistas, e analistas espaciais com interesse no desenvolvimento de estudos sobre a configuração espacial das cidades, e seus processos sociais e económicos.

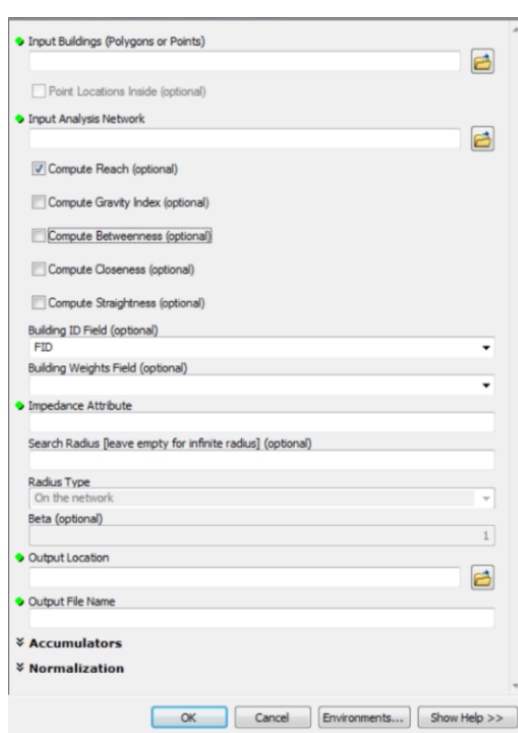


Figura 5.3 Interface gráfico da ferramenta UNA na perspetiva do utilizador

O processo de computação para o cálculo das métricas da ferramenta UNA, tem naturalmente o fim de apresentar resultados como é possível verificar no **Quadro 5.2**.

Quadro 5.2 Processos computacionais da ferramenta UNA

1º Processo: Construção da matriz de adjacência

² O índice de proximidade não foi considerado nesta dissertação pelo facto de os resultados aparentados serem pouco explicativos

2º Processo: Construção do Grafo

3º Processo: Extração dos pesos do edificado

4º Processo: Computação das centralidades

5º Processo: Agregação dos resultados à tabela

6º Processo: Visualização dos resultados

O processo inicial, é o cálculo de uma matriz de adjacência de todos os dados de entrada, relativos ao edificado sobre o grafo.

A matriz de adjacência representa as relações de vizinhança e as distâncias entre o edificado i e o edifício da sua vizinhança j , sobre todas as rotas originadas, através do edifício i . Este é um processo computacionalmente bastante demorado, uma vez que para o cálculo das métricas são utilizados os dados de entrada, relativos ao edificado, e respetivos pesos e identificadores. No então essa matriz fica guardada e pode ser reutilizada caso seja necessário recalcular o modelo.

O segundo passo, é a construção de um grafo a partir da matriz de adjacência. O terceiro passo remete para a especificação dos pesos, em que o peso do edificado é retirado a partir dos dados de entrada, e utilizado como parte integrante na computação das centralidades.

O quarto passo corresponde ao processamento das métricas. A ferramenta UNA utiliza um algoritmo bastante eficiente para a computação das métricas de centralidade, originalmente concebido por BRANDES (2001) para realizar a computação da centralidade *betweenness* (FREEMAN, 1977). Apesar da sua eficácia, devido à complexidade de cálculos decorrentes das características da área de estudo, o apuramento das métricas requereu cerca de 2 semanas de processamento (310 horas 56 minutos e 58 segundos).

No Quinto passo, os valores de centralidade são registados na tabela de atributos, e posteriormente é criada um novo ficheiro com o edificado e essa informação agregada.

Por fim a representação dos resultados num mapa que podem ser visualizados em ambiente SIG, no programa *ArcMap*.

5.4 Metodologia

Neste ponto referem-se aos procedimentos que foram necessários realizar para obter as métricas necessárias à caracterização e análise da área de estudo (**Figura 5.4**). Para tal, o primeiro passo consistiu na recolha dos dados espaciais e alfanuméricos. Um dos elementos que constou do processo foi a base com a distribuição dos edifícios, que serviu como variável para a atribuição do peso que cada edifício exerce na rede.

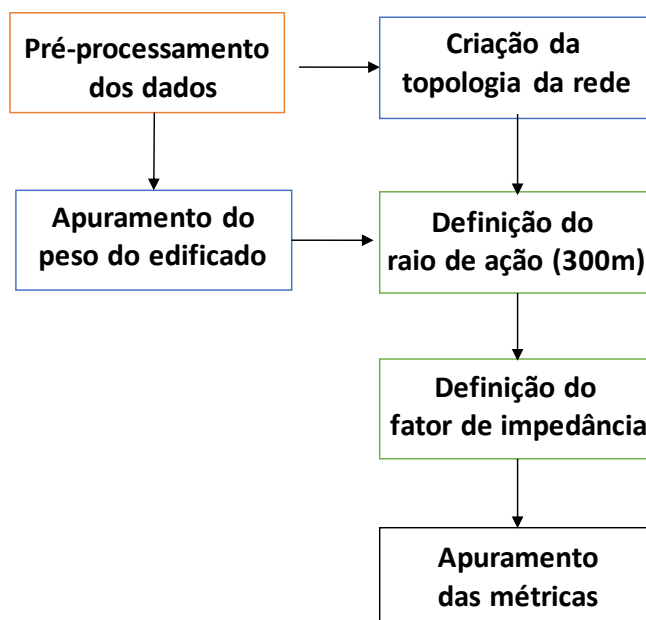


Figura 5.4 Metodologia utilizada no apuramento das métricas de centralidade/acessibilidade

Para esse efeito (segundo passo), foram apenas considerados os edifícios residenciais, (prédios, vivendas). Estes edifícios foram apurados através de uma consulta (*query*) à base de dados utilizando o protocolo de inquirição *Structured Query Language* (SQL). A etapa que se seguiu correspondeu ao cálculo da altura dos edifícios, número de pisos e área bruta de construção. Para elaborar esta tarefa recorreu-se aos atributos referentes às construções, que incluíam a informação das cotas de base e cotas de topo de cada edifício.

Seguidamente, foi feita a seleção da informação estatística, associada às subseções estatísticas, referente à informação espacial dos edifícios obtida anteriormente. O resultado final corresponde a um ficheiro digital em formato *shapefile* com os dados adquiridos à subsecção estatística e a informação espacial dos edifícios. Este processo teve como objetivo a associação da informação estatística ao ficheiro do edificado habitacional, *i.e.*, altura dos edifícios, número de pisos.

A tarefa que se seguiu consistiu no cálculo da área bruta de construção por subsecção estatística, para tal, foi necessário recorrer à informação adquirida pelo processo anterior. O resultado deste processo foi a multiplicação da área do edifício pelo número de pisos. Posteriormente, foi feito o cálculo do indicador relativo ao número de indivíduos residentes por área bruta de construção. Este indicador traduz-se na razão entre estas duas variáveis.

Com base no cálculo obtido, foi feita a estimativa do número de indivíduos residentes por edifício através do produto da área bruta de construção pelo indicador obtido anteriormente (indivíduos residentes por área bruta de construção).

O passo seguinte (terceiro) consistiu na modelação topológica da rede de estradas, culminando na obtenção de um conjunto de nós e arcos perfeitamente adaptados para estimação de percursos e distâncias (métrica e tempo). Para tal, foi utilizada a rede de estradas e a extensão *Network Analyst* do ArcGIS.

Após a modelação da rede de vias, o passo que se seguiu, o quarto, correspondeu à integração das variáveis no contexto da ferramenta de cálculo das métricas de acessibilidade e centralidade de forma a apurar os valores pretendidos. Para efetuar o processo foi necessário definir quatro parâmetros: *i*) peso do edificado; *ii*) limiar da distância; *iii*) raio de ação; e *iv*) valor de beta.

5.4.1 Peso do Edificado

O processo de atribuição de uma **ponderação (peso) aos edifícios** envolveu a construção de uma base de dados espaciais. Esta base foi posteriormente definida como variável/peso na análise de centralidades do concelho de Sintra.

Para além da utilidade principal para a qual esta base foi concebida, tem outras utilidades, nomeadamente a representação da distribuição da população do edificado, e pode também ser utilizada como modelo de densidade populacional. Esta base possibilita também a realização de precisas análises de proximidade. Nos pontos que se seguem, será exemplificada uma das suas outras utilidades.

A ferramenta UNA permite ao utilizador definir a influência $W[j]$ que o edificado detém sobre a rede urbana, o peso do edificado, pode ser definido a partir de um atributo particular ao edifício, como por exemplo a sua dimensão, número de residentes, presença de serviços, entre outros.

Quando os pesos são escolhidos para a análise o resultado é feito de acordo com o atributo em questão, por exemplo se o atributo definido para a análise do índice de alcance for o número de empregados, então o resultado será o total de empregados que é abrangido pelo raio de adjacência a um determinado edifício.

5.4.2 Limiar da distância

A seleção do atributo do **limiar da distância** designa qual a característica associada aos dados de entrada relativamente à rede de estradas utilizadas no cálculo.

Este fator tem como objetivo, limitar o raio de procura r , nos processos de obtenção do caminho mais curto. O atributo associado por defeito para a distância é o comprimento, desta forma o raio de pesquisa utilizado e o processo de obtenção do caminho mais curto são a distância linear, normalmente no sistema métrico.

No caso de se utilizar na análise as voltas, ao invés do fator limiar da distância, o raio é limitado pelo número de interseções nas vias para se alcançar um dado destino, e não a distância euclidiana. Se o valor do raio de pesquisa for de 2 voltas por exemplo,

este faz com que o algoritmo procure os edifícios da vizinhança que estão a 2 voltas desde o edifício de origem dentro da rede de estradas.

Para os dados de entrada, relativos aos edifícios, apenas os pontos em que a distância mais curta na rede, desde um dado edifício é menor que o raio r , é que são consideradas na análise. Se o utilizador não especificar o raio r , então o mesmo assume por defeito um raio infinito, utilizado para alcançar toda a área no grafo.

A variável relativa ao tipo de raio utilizado permite a escolha dos edifícios da vizinhança ou pontos que são escolhidos para que estão inseridos no tipo de raio especificado, rede ou distância euclidiana de cada unidade de análise. É importante saber que esta opção afeta somente os dados de entrada, selecionados para a análise, não tendo este efeito na computação das rotas. Todos os caminhos observados são processados, utilizando as rotas da rede, a opção do tipo de raio permite considerar os edifícios vizinhos que se encontram para além do raio da rede de estradas. Uma vez que a geometria e a topologia da rede diferem frequentemente em torno de cada edifício, esta opção pode ser utilizada para equalizar espacialmente as seleções vizinhas em torno de cada edifício.

A opção só fica disponível se o utilizador escolher utilizar o raio. Tal como acontece com o raio calculado pela rede, o raio obtido mediante a distância euclidiana, assume o centro do raio como sendo o local de encaixe da rede de origem do edifício. O raio circular r é desenhado a partir desse local e dos restantes edifícios, cuja área que este abrange são escolhidos como vizinhos na análise como é visível na **Figura 5.5**

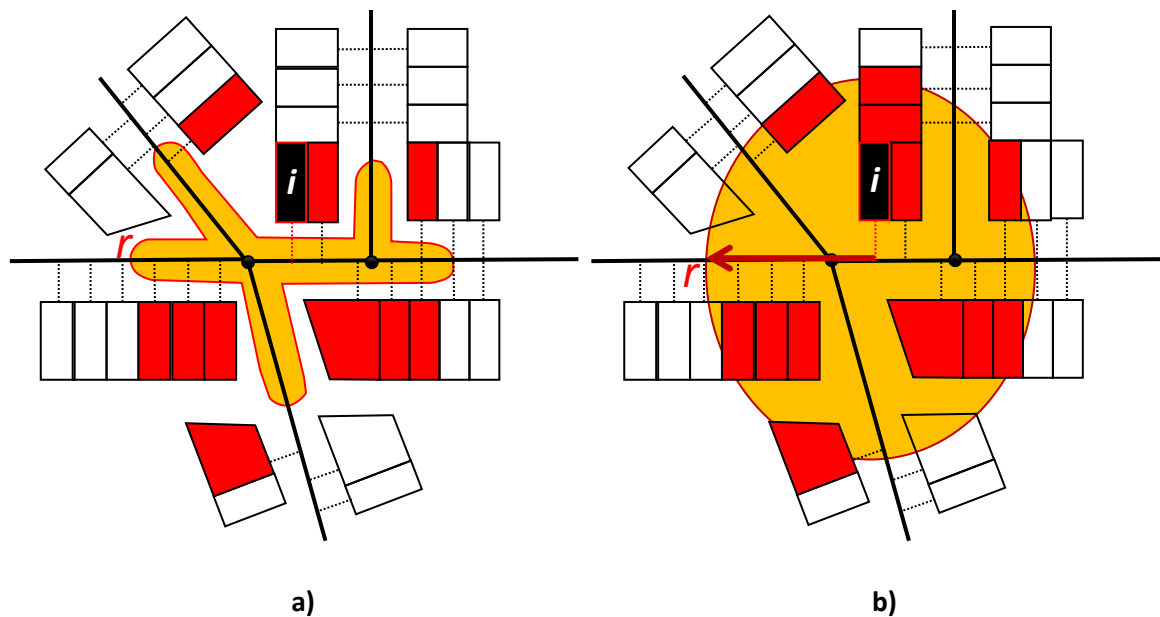


Figura 5.5 Tipos de raio; a) Raio com base na rede geométrica; b) Raio com base na distância euclidiana

Relativamente à utilidade deste método? Considerando uma situação hipotética como o índice de linearidade ao edifício i que tem 4 edifícios na sua envoltória, no entanto na rede de estrada não existe conexão entre o edifício j e i , mesmo que este esteja inserido no raio r de proximidade do edifício i . Se o resultado obtido no índice de linearidade utilizar o raio com base na rede, o edifício j não vai estar afeto à área de alcance do edifício i pois o mesmo não é alcançável de acordo com a dimensão definida para o raio r (**Figura 5.6**). Imaginando que para mitigar este problema, seria implantado um pequeno segmento que ligava a rua, utilizando o mesmo raio, e recalculando o modelo, nesta nova configuração certamente que o valor do índice de linearidade sofreria um decréscimo para o edifício i . Isto porque o caminho de $i \rightarrow j$ não é retilíneo relativamente aos edifícios vizinhos. Por outro lado, o valor de conectividade naquela parte da rede seria reforçado.

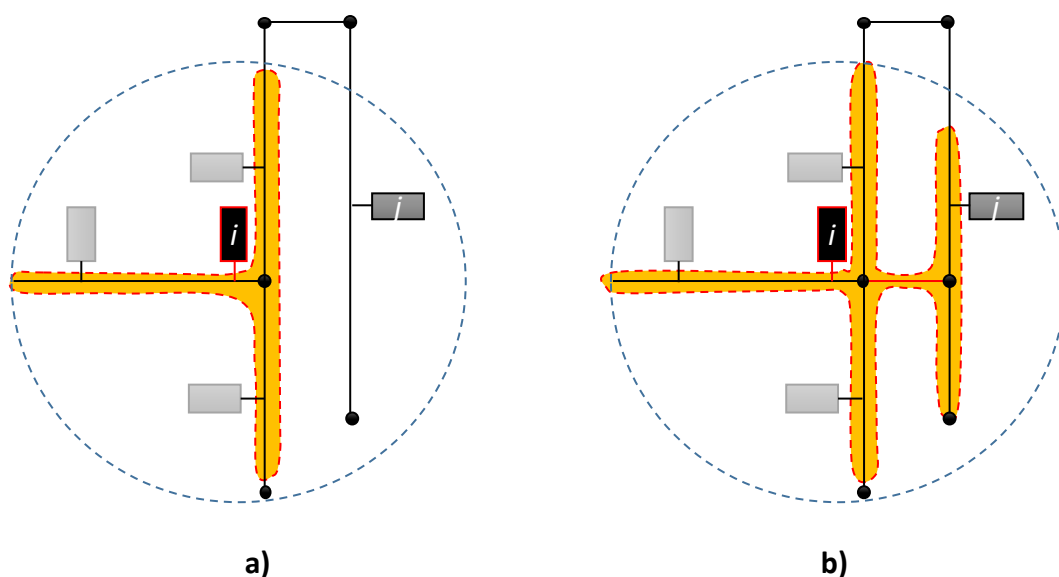


Figura 5.6 Alcance da rede sem implementação de um novo troço de ligação (a) e alcance da rede com implementação de um novo troço (b)

Este paradoxo pode ser ultrapassado caso se utilize a o raio com base na distância euclidiana ao invés da rede de estradas, ao se utilizar o raio com base na distância euclidiana, sobre i este irá incluir o edifício j na estimativa do índice de linearidade, independentemente de j possuir ou não um caminho na rede, desde que seja menor que o raio definido, o mesmo é incluído na estimativa.

O raio definido com base na rede de estradas pode eventualmente exceder o raio baseado na distância euclidiana, desde que haja conectividade entre i e j em toda a rede. Quanto maior a distância de j , menor o contributo para a linearidade do edifício i . Se for adicionado um pequeno caminho na rede entre i e j como é visível na figura 5.8, o valor do índice de linearidade no edifício i é mais elevado. No caso de se utilizar o raio euclidiano, este assume que a superfície é isotrópica, e assim o número e a localização dos edifícios mantêm-se constantes.

5.4.3 Valor de Beta (β)

Em 1964, David Huff desenvolveu um modelo gravitacional que considera que a atratividade que um centro comercial exerce sobre os consumidores é baseada em fatores probabilísticos. Segundo Huff, o foco principal do modelo é o consumidor e não o centro comercial, pois o consumidor é o agente primário que afeta a área de influência do mesmo. O modelo descreve o processo pelo qual os consumidores escolhem entre alternativas para obter bens e serviços específicos. Huff foi então o primeiro a salientar os comportamentos dos consumidores no seu modelo.

Huff concluiu que a força de atração de um centro comercial sobre um consumidor é diretamente proporcional à área do centro e inversamente proporcional ao tempo de percurso do consumidor até este centro.

Considerando P_{ij} a probabilidade de um consumidor localizado na origem i de se deslocar a um centro comercial j , S_j o tamanho em metros quadrados do centro comercial j , T_{ij} o tempo de percurso gasto para o consumidor se deslocar da origem i até o centro comercial j e λ o parâmetro a ser estimado de forma empírica que reflete o efeito do tempo de viagem de acordo com o tipo de produto a ser adquirido. A expressão formal deste modelo é:

$$P_{ij} = \frac{\frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^n \frac{S_j}{T_{ij}^\lambda}} \quad (5.1)$$

Huff definiu assim área de influência como “uma região geograficamente delimitada, contendo os potenciais clientes para os quais existe uma probabilidade maior do que zero de compra de uma determinada classe de produtos ou serviços oferecidos para venda por uma determinada empresa ou por aglomeração de empresas” «tradução livre».

Considerando T_j a área de influência de uma determinada empresa ou por aglomeração de empresas j , ou seja, o número de consumidores numa determinada região que são suscetíveis de visitar j à procura de uma classe específica de produtos

ou serviços, P_{ij} a probabilidade de um consumidor que reside num gradiente i fazer compras em j e C_i o número de consumidores que residem num gradiente i . Esta definição pode ser expressa como:

$$T_j = \sum_{i=1}^n (P_{ij} \cdot C_i) \quad (5.2)$$

A popularidade e longevidade deste modelo podem ser atribuídas à sua relativa facilidade de utilização e aplicabilidade a uma grande variedade de problemas, sendo a predição de comportamentos do consumidor o problema mais estudado.

O **valor de beta** β é precisamente utilizado para medir o índice gravítico. Este valor controla a forma de decréscimo da distância na curva do denominador do índice. O efeito inverso da distância especificada no índice gravítico decresce exponencialmente.

O valor de β e a correspondente forma, do decréscimo da distância, deriva do modo de locomoção. Para a estimativa da acessibilidade a pé em minutos por exemplo, foi determinado um valor por HANDY e NIEMEIER (1997) 0,1813, o valor equivalente para a unidade métrica é 0,00217, em pés o valor é 0,000663 em quilómetros 2,175 e em milhas 3,501. O valor de β deve variar entre 0 e 1. Caso o utilizador não especifique este valor, então o valor definido por defeito é 0 (zero).

6 Análise de resultados

Entende-se por análise de resultados, neste ponto, a diferença entre realizar uma análise de proximidade utilizando a base dos edifícios e a base normalmente utilizada para elaborar este tipo de operações, nomeadamente as subsecções estatísticas.

A base criada tem a finalidade de apresentar uma estimativa da distribuição da população residente por edifício, e uma das abordagens desenvolvidas neste trabalho foi mostrar através de um exemplo prático, a sua pertinência.

Tendo como ponto de partida a área de influência da proposta dum parque urbano para a Praia das Mações, realizou-se uma comparação entre os resultados obtidos, utilizando a base criada e a informação espacial referente às subsecções.

O exemplo escolhido serviu para demonstrar qual a população servida pela proposta de um parque urbano para a praia das Mações, baseado somente no critério distância/tempo a pé, com as classes definidas à partida. Embora o exemplo apresentado seja bastante simplista, pois só considera o critério distância/tempo, foi possível retirar algumas conclusões relativamente à acuidade dos resultados que esta base pode oferecer.

Para o caso de estudo, foi calculada a área de influência para uma proposta de parque urbano na praia das mações. No cálculo das áreas de influência as classes definidas foram três, a classe dos 5, 10 e 15 minutos a uma velocidade de 4 km/h, a distância/tempo a que um individuo saudável se desloca. Para se calcular a área de influência deste parque, a ferramenta utilizada foi o *Network Analyst*, uma das extensões presentes no *ArcGIS 10.3*. os dados de entrada foram a *shapefile* das rodovias e localização do parque.

Após o cálculo da área de influência do parque urbano, foi realizada uma comparação entre os resultados da análise de proximidade, para isso a executou-se uma seleção por localização – população residente por subsecção estatística BGRI, totalmente inserida na área de Influencia do parque, e cumpriu-se o mesmo processo

para a base de dados espaciais relativa à estimativa da distribuição da população por edificado.

A localização da proposta para um parque urbano na praia das maçãs, encontra-se sensivelmente a Sudoeste do município de Sintra, marcado com um ponto laranja, como se pode visualizar na **Figura 6.1**.



Figura 6.1 Enquadramento da proposta de parque urbano para a praia das Maçãs

A **Figura 6.2** corresponde à área de influência – 5; 10; 15 minutos a pé – da proposta de um Parque urbano para a Praia das Maçãs, é possível aferir que a área de influência abrange um conjunto de subsecções estatísticas, no entanto, esta não alcança a totalidade do seu edificado.



Figura 6.2 Área de influência do parque urbano da praia das maçãs

Para estimar o número de indivíduos servidos pela proposta de parque urbano, foi executada uma seleção por localização. Os parâmetros definidos, para conceber esta interseção, foram:

- Como alvo (*target layer*), o número de pessoas por subsecções estatísticas BGRI e posteriormente, por edifício.
- Como fonte (*source layer*), ou seja, o objeto espacial no qual os dados alvos seriam intersetados, a informação escolhida foi a área de influência.

Após a seleção dos atributos por localização. Seguiu-se a análise espacial, verificou-se através dos resultados obtidos (**Figura 6.3**), uma grande disparidade. A utilização da informação com o número de indivíduos residentes por edifício, teve uma maior precisão espacial relativamente aos resultados, pois apenas ficaram selecionados os edifícios com a estimativa dos indivíduos residentes afetos à área de influência do parque. Por outro lado, ao se executar o mesmo procedimento para as subsecções BGRI, aconteceu que todas as subsecções intersetadas pela área de influência, mesmo aquelas abrangidas por um pequeno fragmento dessa área, ficaram selecionadas.

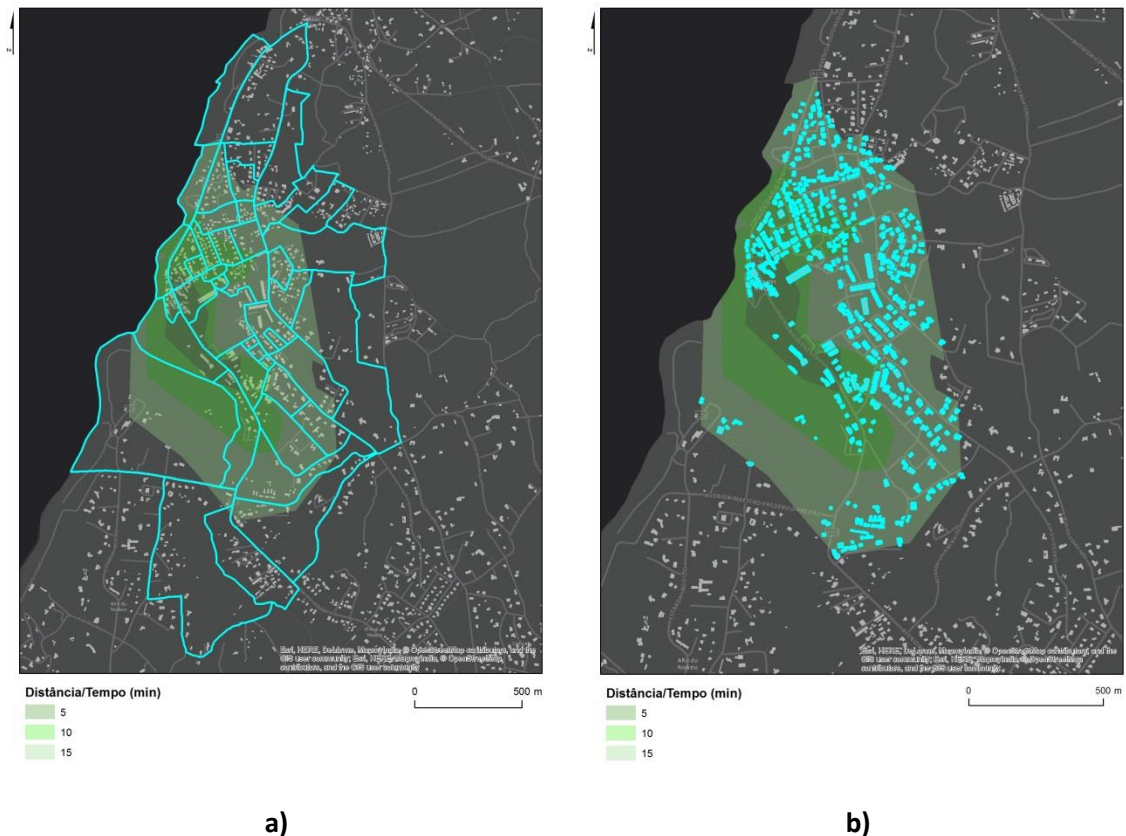


Figura 6.3 Comparação espacial dos resultados da seleção por localização
a) Indivíduos residentes por BGRI versus b) distribuição dos indivíduos residentes por edifício

Em termos quantitativos também se verificaram dissimilaridades nos resultados obtidos. De acordo com a **Figura 6.4**, relativa aos resultados da análise, foram contabilizados 874 indivíduos residentes que são servidos pelo parque urbano proposto, por outro lado utilizando a base das subsecções estatísticas por BGRI o resultado obtido foi 1217 indivíduos servidos.

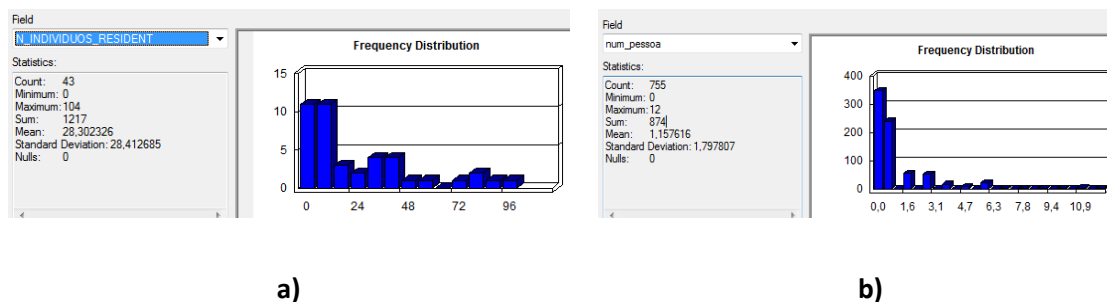


Figura 6.4 Comparação dos resultados em valores absolutos
a) (indivíduos residentes por BGRI) versus b) (indivíduos residentes por edifício)

6.1 Métricas

O presente ponto trata de analisar as métricas relativas aos lugares enunciados no capítulo anterior. Embora os lugares sejam analisados isoladamente, os resultados têm um contexto municipal, pois a ferramenta obteve o cálculo das métricas para todo o município, ou seja, através dos resultados obtidos pode ser aferido o grau de importância do edificado de acordo com as métricas.

As métricas analisadas são o índice de alcance, a medida de FREEMAN (1977) (centralidade *betweenness*), índice de linearidade e índice gravitacional.

A análise das métricas foi efetuada individualmente tendo em atenção o seu caráter e o lugar avaliado, os centros urbanos mais importantes do eixo urbano de Sintra.

Na análise dos mapas que se seguem, decidiu-se utilizar 32 classes para se representarem as métricas. O propósito desta escolha prende-se pelo facto, dos resultados apresentarem uma melhor acuidade visual e espacial, sendo que o objetivo desta análise é apresentar os padrões globais referentes às métricas e não uma análise detalhada por classes de resultados. Os valores são representados numa escala de cores frias (valores reduzidos) e cores quentes (valores elevados) ao passo que os valores apresentados nesta mesma escala são adimensionais.

6.1.1 Índice de Alcance

Em Agualva-Cacém (**Figura 6.5**), as áreas que obtiveram os valores mais elevados são eixos secundários, relativamente às vias mais importantes como é o caso da Avenida dos Bons Amigos, artéria principal de Agualva-Cacém. A razão para esta ocorrência deve-se ao facto, que estas áreas apresentem uma maior densidade de edificado e de vias.

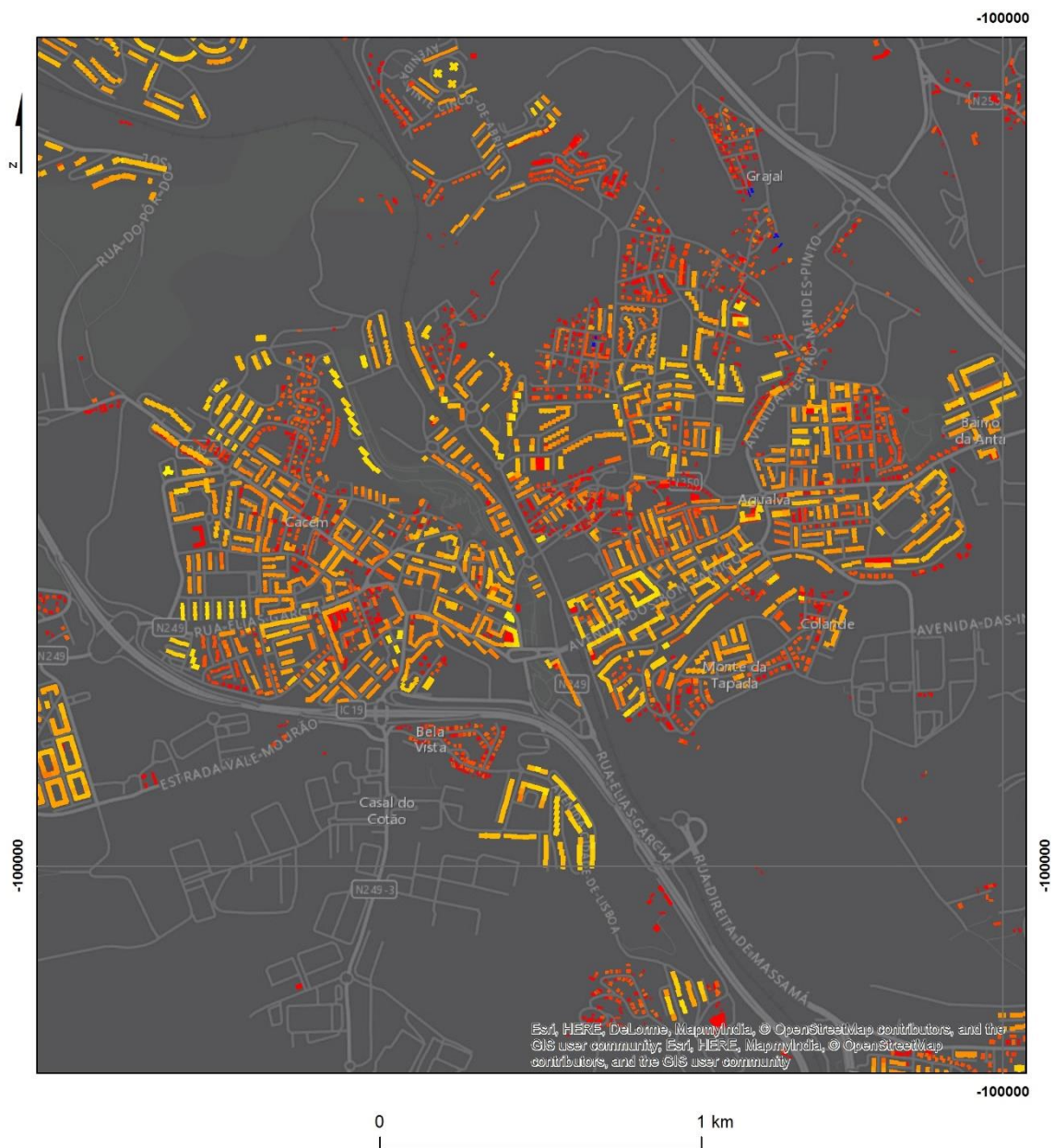


Figura 6.5 Índice de Alcance para Agualva Cacém

Em Queluz-Belas e em Massamá (Figura 6.6) é possível verificar que os valores mais elevados se localizam nos 2 bairros junto ao Palácio Nacional de Queluz, e quanto maior a distância a essas áreas, menores os valores do índice de alcance, esse decréscimo acentuam-se de Sul para Norte.

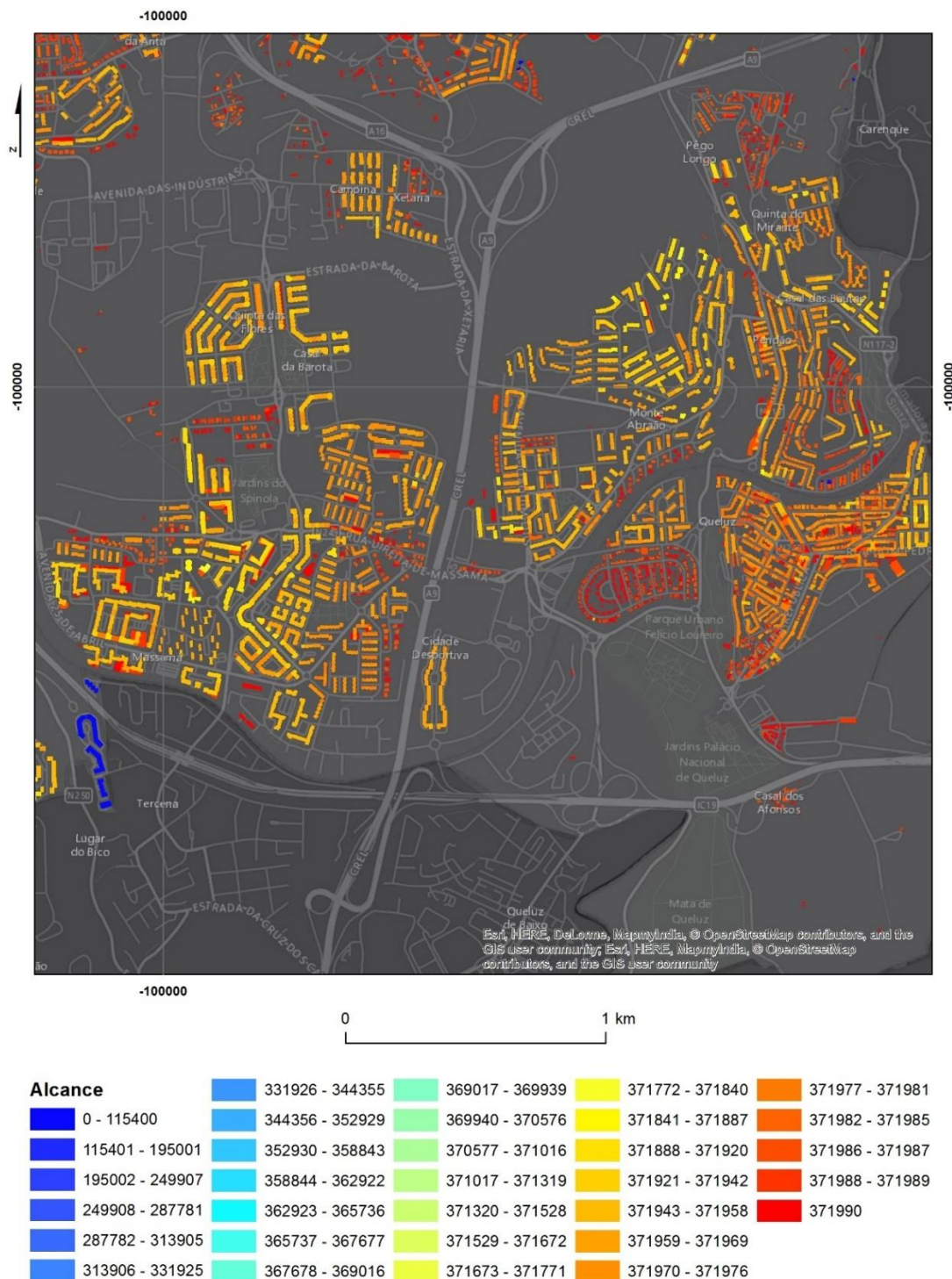


Figura 6.6 Índice de Alcance para Queluz-Belas e Massamá

Verificou-se também que o quadrante Este, ou seja, Queluz obteve valores mais elevados nesta métrica relativamente a Massamá (quadrante Oeste).

É possível notar também uma dispersão no que toca aos valores mais elevados, estes ocorrem sobretudo nos locais onde a rede de estradas e o edificado são mais densos.

Em Algueirão - Mem Martins (**Figura 6.7**) os valores mais elevados foram registados nas áreas onde existe uma maior densidade de ocupação, e onde a rede de estradas é mais densa.

O facto de Algueirão - Mem Martins apresentar uma grande densidade de edifícios, leva a que resultados destas métricas sejam mais elevados em grande parte do território sem que haja grandes contraste, salvo exceções.

No caso de Mem Martins, os valores com um registo mais reduzidos ocorreram com uma maior frequência nas áreas periféricas, nomeadamente na Tapada das Mercês, e no quadrante Noroeste de Algueirão, em que a rede de estradas é menos densa.

Todavia, próximo à linha férrea, apesar de se tratar de um lugar central, os valores do índice de alcance ficaram pelas classes de valores intermédios, isto deve-se ao facto da linha ferroviária funcionar como uma barreira geográfica, e por acontecer que os acessos que ligam Algueirão a Mem Martins serem mais reduzidos.

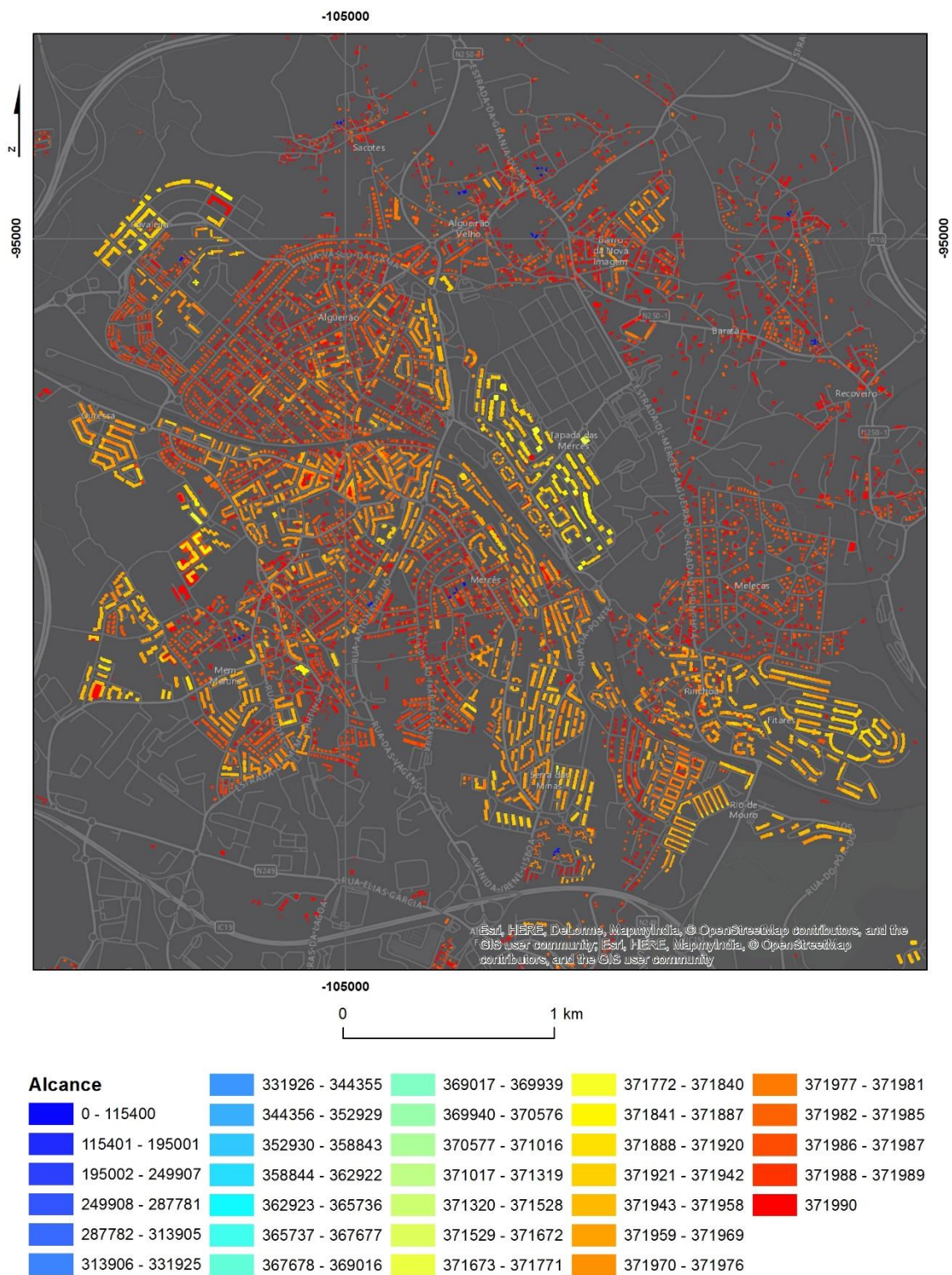


Figura 6.7 Índice de Alcance para Alqueirão - Mem Martins

6.1.2 Centralidade Betweenness

A centralidade *betweenness*, mede o potencial de passagens entre edifícios. Os resultados obtidos para Agualva-Cacém (**Figura 6.8**) apresentam um corredor bem demarcado correspondente à Avenida dos Bons Amigos. A rua paralela a esta avenida, apresentou também resultados relativamente elevados. Para o quadrante Oeste a Rua de Angola, foi aquela que registou os valores mais elevados.

A Avenida dos Bons Amigos segundo o modelo é a via com maior probabilidade de congestionamento, estes valores elevados estendem-se até onde se situa a estação ferroviária, no entanto, esta aproximação resulta num gradual decréscimo nos valores desta métrica.

As vias correspondentes à Avenida dos Bons Amigos e Rua de Angola têm uma grande probabilidade de sofrer problemas com o tráfego automóvel, principalmente em horas de ponta, *i.e.*, nas deslocações pendulares casa-trabalho, trabalho-casa.

Em Queluz-Belas (**Figura 6.9**) os resultados obtidos foram registados principalmente nas artérias principais, aquelas que apresentam uma maior possibilidade, de haver mais movimento de pessoas e transportes em hora de ponta, no entanto, nenhuma das vias registou valores nas classes mais elevadas.

Facto curioso, no bairro junto à estação de Monte Abraão, registaram-se valores mais elevados relativamente às vias mais próximas. O facto de existirem apenas 2 saídas existentes, leva a que eventualmente em hora de ponta se possam criar congestionamentos nessas saídas.

Houve também registo de valores mais elevados sobre os edifícios que se localizam junto à E.N. 117 e à via paralela, Rua Luís Simões.

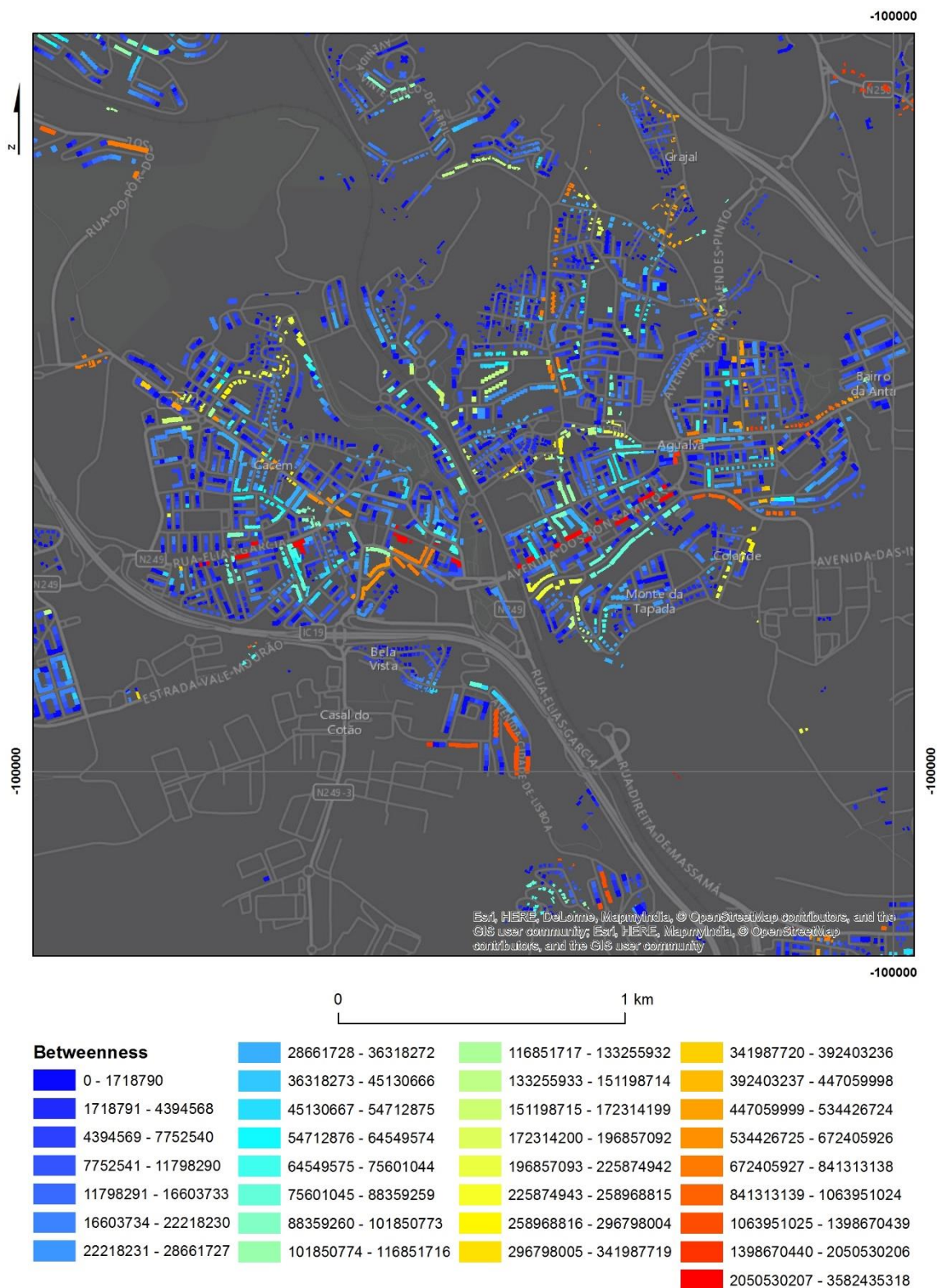


Figura 6.8 Medida de FREEMAN (1977) “centralidade betweenness” para Agualva-Cacém

Em Algueirão - Mem Martins (**Figura 6.10**), os padrões de trânsito calculados pelo modelo ocorrem convergentes à estação ferroviária, o que se pode aferir pela demarcação dos edifícios que obtiveram os valores mais elevados.

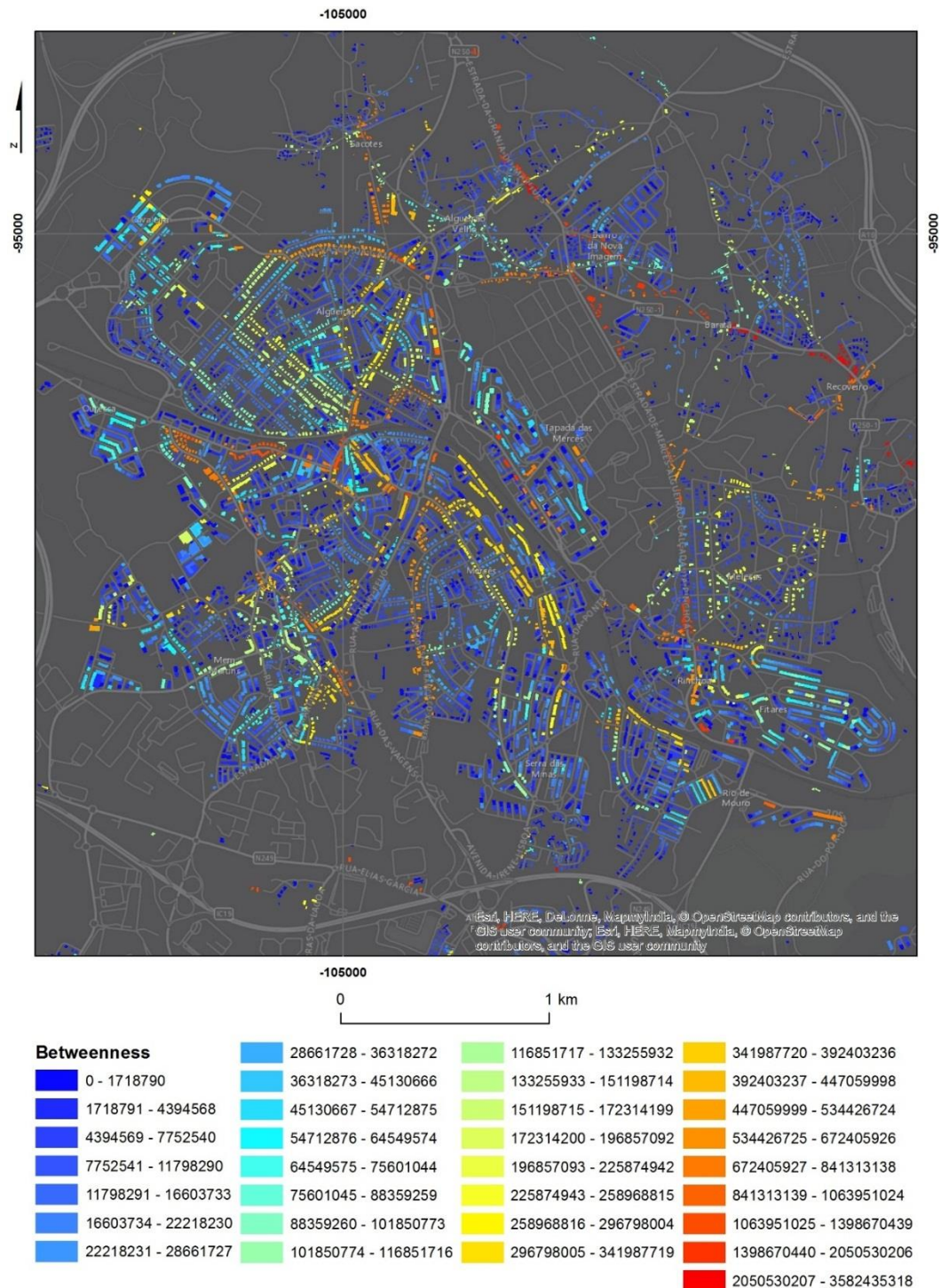


Figura 6.10 Medida de FREEMAN (1977) “centralidade betweenness” para Algueirão - Mem Martins

Contudo, os resultados mais elevados foram obtidos nos edifícios localizados no quadrante Norte, em Algueirão Velho.

É interessante também verificar como os edifícios localizados nas ruas transversais alimentam os eixos principais, este dado é perceptível com base no aumento gradual dos valores desta métrica com a proximidade às vias principais, dando também uma ideia de hierarquização das vias.

A Tapada das Mercês registou os valores mais reduzidos, porém junto à via que se estende até à estação ferroviária, estes valores aumentam, criando desta forma uma centralidade nesta área.

6.1.3 Índice de Linearidade

O índice de linearidade no contexto municipal (**Figura 6.11**), registou uma perda de importância nos valores em detrimento das áreas rurais. Isto pressupõe que as áreas rurais exibem padrões de mobilidade mais fortes que os dos centros urbanos em análise.

Os valores mais elevados desta métrica aparecem sobretudo no quadrante Noroeste e vão perdendo força à medida que nos deslocamos para o quadrante este, no entanto a Vila de Sintra registou fortes índices de acessibilidade no que toca à métrica em análise.

Relativamente aos centros urbanos do município de Sintra, Mem Martins, nomeadamente o quadrante Oeste, foi o que obteve a maior área com os valores mais elevados, ainda assim, estes situados nas classes dos valores médios, centros como Rio de Mouro (situado a este de Mem Martins) e Casal de Cambra registaram os valores mais baixos nesta métrica.

Num contexto geral, os centros urbanos, não obstante da sua atratividade, são os lugares de mais difícil acesso relativamente às suas áreas envolventes (áreas rurais e litorais).

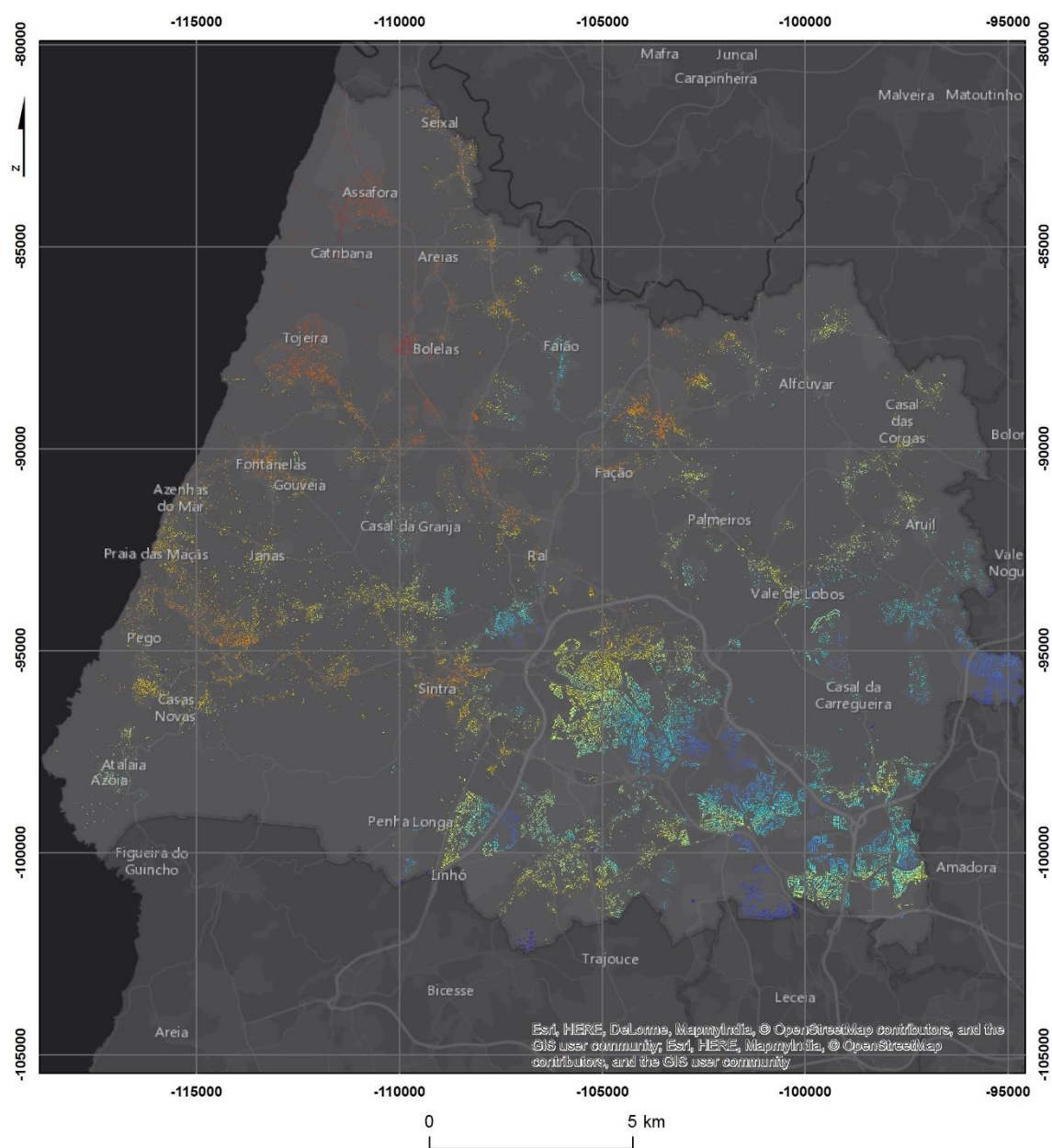


Figura 6.11 Índice de Linearidade do município de Sintra

No índice de linearidade (**Figura 6.12**) os contrastes mais abruptos ocorrem de Sul para Norte. Agualva de acordo com o modelo registou um índice de linearidade mais elevada relativamente ao Cacém. A rua de Angola (Oeste), apresenta uma maior facilidade de acessos, *i.e.*, mais linear e com menos interseções

No Cacém (este) os valores do índice de linearidade são mais reduzidos, no entanto é possível encontrar um pequeno conjunto de edifícios com valores mais elevados junto à estação ferroviária e ao longo da Avenida dos Bons Amigos.

O setor Norte apresenta valores bastante reduzidos no que respeita a esta métrica, no quadrante Sul o mesmo acontece motivado pela barreira produzida pela IC 19 o que torna o acesso a essas pequenas urbanizações menos lineares.

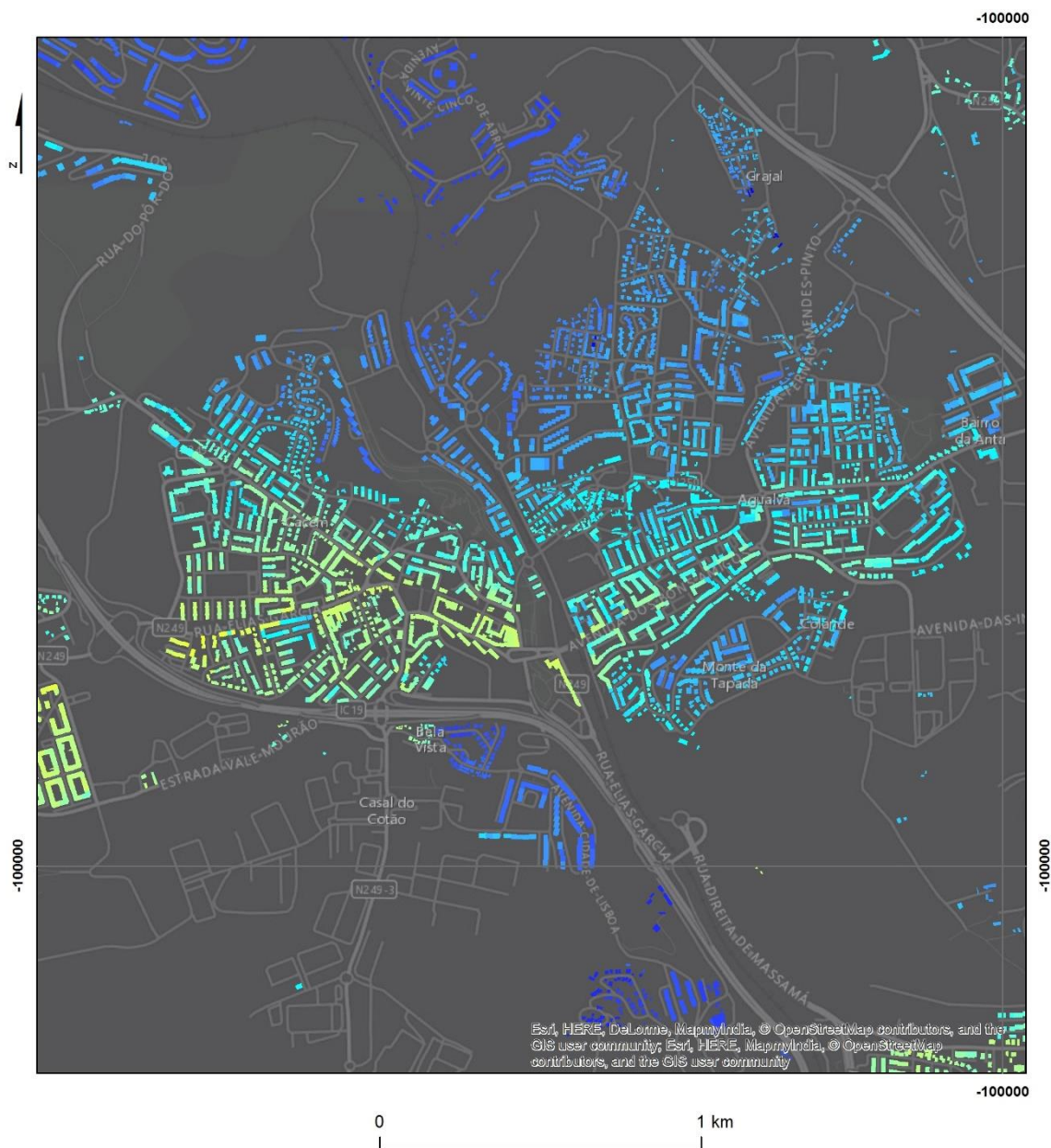
Queluz-Belas e Massamá (**Figura 6.13**) apresentam um contraste Norte-Sul nos valores obtidos, sendo que no quadrante Sul registaram-se valores mais elevados.

No bairro mais próximo ao Jardim do Palácio Nacional de Queluz, onde existe uma maior densidade de edifícios, esse quarteirão registou valores mais elevados. Por outro lado, Massamá os valores mais elevados têm maior frequência, na via que conecta a Queluz.

É também visível a demarcação do eixo viário que junta Queluz e Massamá como tendo um forte índice nos valores de linearidade.

Para Algueirão - Mem Martins (**Figura 6.14**), é possível constatar que existe um maior contraste entre o quadrante Oeste, em que o índice de linearidade é mais elevado, relativamente ao quadrante este (Tapada das Mercês), onde os resultados registados se encontram nas classes mais baixas dos valores do índice de linearidade.

O caso de Algueirão (Norte) registou valores elevados no índice de linearidade devido à sua estrutura ortogonal e compacta, diferente do setor Sul, que demonstra contornos mais irregulares quanto à disposição do edificado.



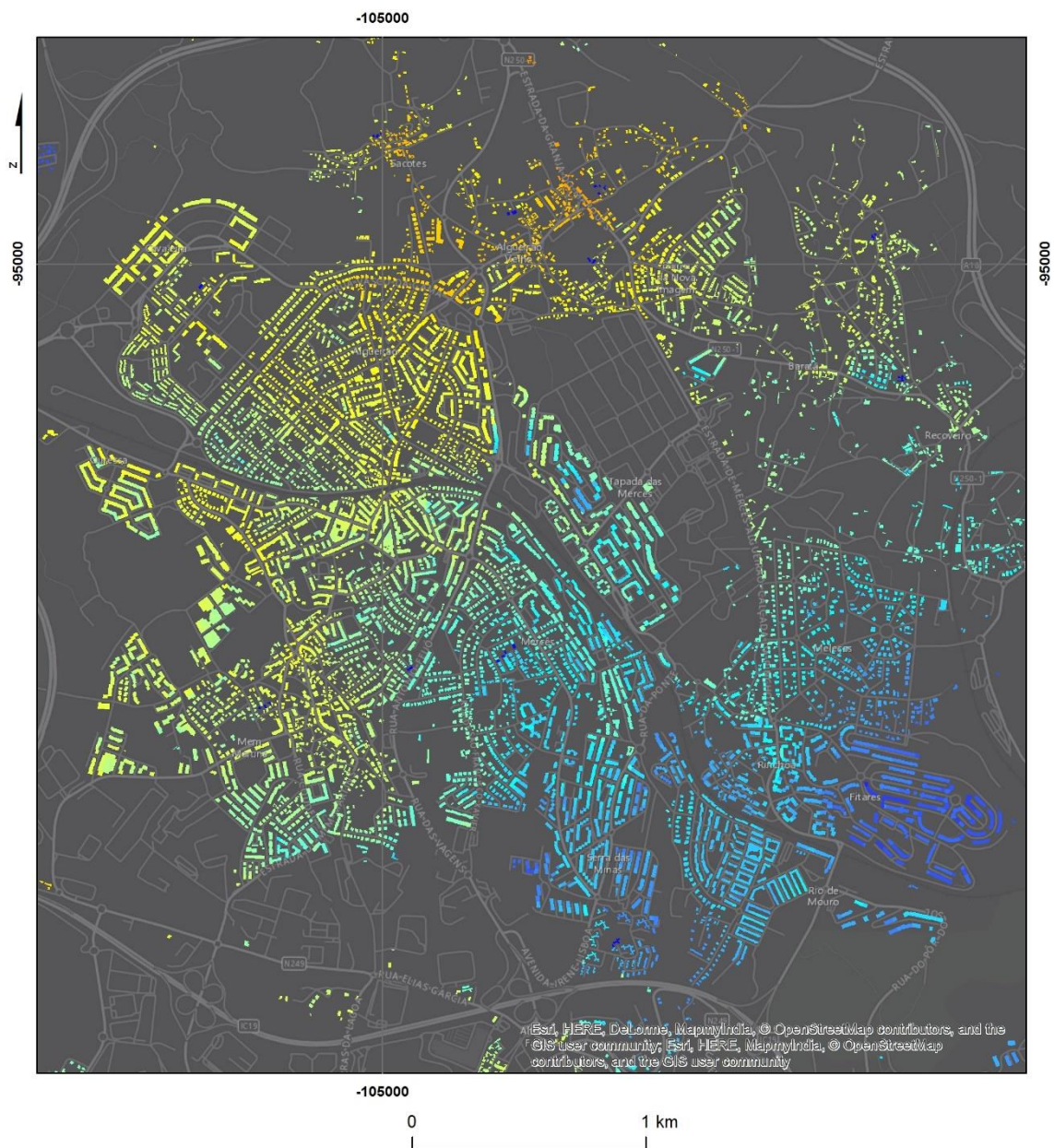
Linearidade	245851 - 250823	270908 - 273627	287195 - 289609	303402 - 305928
0 - 474	250824 - 255226	273628 - 276177	289610 - 292203	305929 - 308576
475 - 216789	255227 - 258945	276178 - 278512	292204 - 294658	308577 - 311778
216790 - 226513	258946 - 262134	278513 - 280747	294659 - 296932	311779 - 315850
226514 - 233632	262135 - 265180	280748 - 282905	296933 - 299131	315851 - 321103
233633 - 240043	265181 - 268099	282906 - 285003	299132 - 301213	
240044 - 245850	268100 - 270907	285004 - 287194	301214 - 303401	

Figura 6.12 Índice de Linearidade para Agualva-Cacém



Linearidade	245851 - 250823	270908 - 273627	287195 - 289609	303402 - 305928
0 - 474	250824 - 255226	273628 - 276177	289610 - 292203	305929 - 308576
475 - 216789	255227 - 258945	276178 - 278512	292204 - 294658	308577 - 311778
216790 - 226513	258946 - 262134	278513 - 280747	294659 - 296932	311779 - 315850
226514 - 233632	262135 - 265180	280748 - 282905	296933 - 299131	315851 - 321103
233633 - 240043	265181 - 268099	282906 - 285003	299132 - 301213	
240044 - 245850	268100 - 270907	285004 - 287194	301214 - 303401	

Figura 6.13 Índice de Linearidade para Queluz-Belas e Massamá



Linearidade	245851 - 250823	270908 - 273627	287195 - 289609	303402 - 305928
0 - 474	250824 - 255226	273628 - 276177	289610 - 292203	305929 - 308576
475 - 216789	255227 - 258945	276178 - 278512	292204 - 294658	308577 - 311778
216790 - 226513	258946 - 262134	278513 - 280747	294659 - 296932	311779 - 315850
226514 - 233632	262135 - 265180	280748 - 282905	296933 - 299131	315851 - 321103
233633 - 240043	265181 - 268099	282906 - 285003	299132 - 301213	
240044 - 245850	268100 - 270907	285004 - 287194	301214 - 303401	

Figura 6.14 Índice de Linearidade para Algueirão - Mem Martins

6.1.4 Índice Gravítico

No que respeita ao índice gravítico num contexto geral (**Figura 6.15**), as cidades foram aquelas que demonstraram se os lugares mais atrativos.

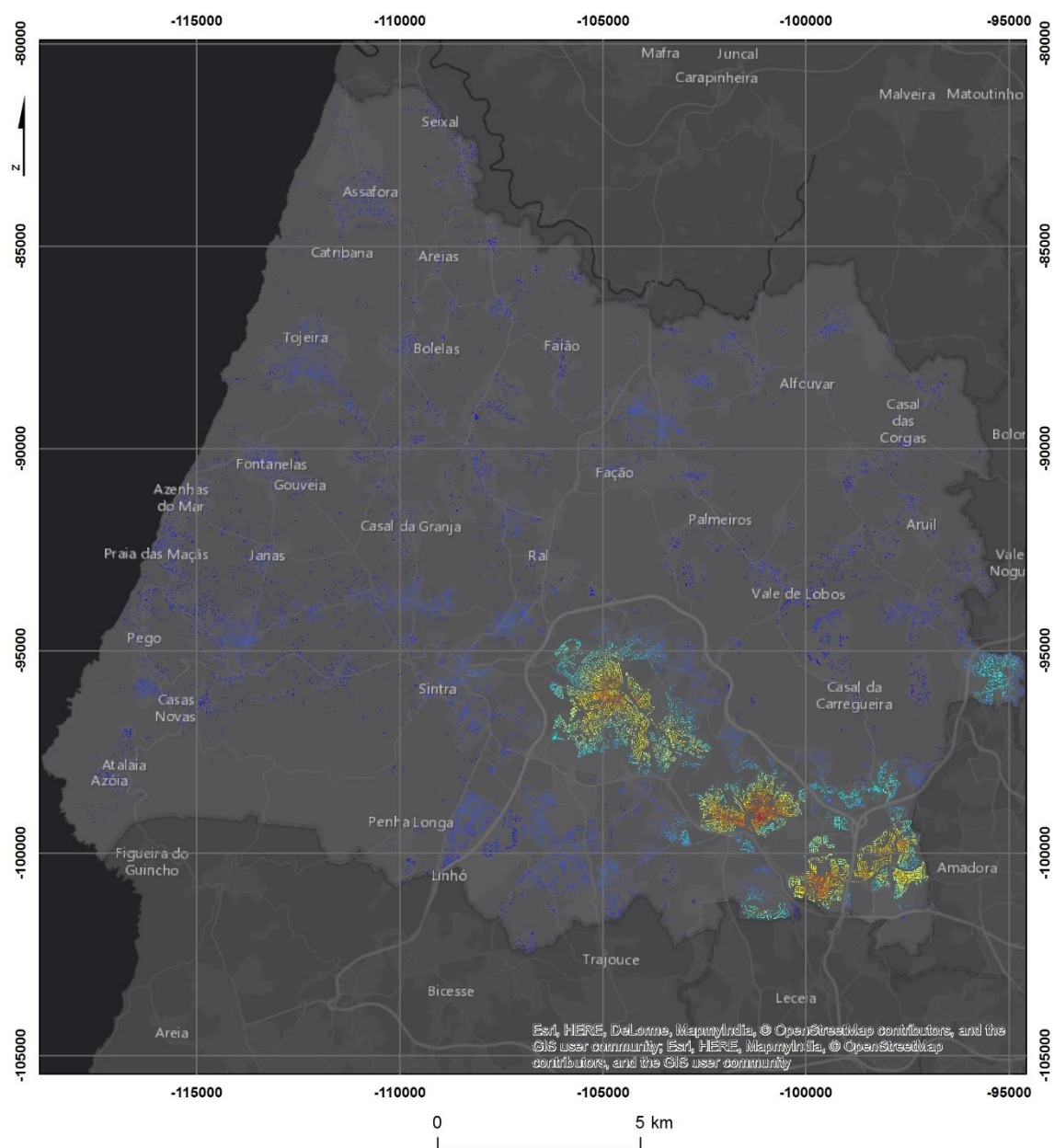
Nesta métrica, como seria espectável as áreas rurais perderam a importância para as cidades, este facto prende-se por diversos fatores, tais como, a densidade viária e do edificado.

O facto de as cidades terem apresentado um maior índice de atratividade, pode resumir-se simplesmente em uma presumível maior oferta de serviços e dinâmicas urbanas mais vincadas.

No caso de Aqualva-Cacém (**Figura 6.16**), o grau de centralidade e atratividade aumentam com a proximidade à linha férrea.

Verificou-se que a área mais central corresponde ao eixo da Avenida dos Bons Amigos e Avenida António Nunes Sequeira, relativamente ao quadrante este, por outro lado, os valores mais elevados registados para o quadrante ocorreram na rua de Angola.

Em ambos os casos, os valores do índice gravítico decrescem gradualmente com a distância às vias referidas.



Índice Gravítico	1813 - 2114	3928 - 4229	6042 - 6343	8156 - 8457
0 - 302	2115 - 2416	4230 - 4531	6344 - 6645	8458 - 8759
303 - 604	2417 - 2718	4532 - 4833	6646 - 6947	8760 - 9061
605 - 906	2719 - 3020	4834 - 5135	6948 - 7249	9062 - 9363
907 - 1208	3021 - 3322	5136 - 5437	7250 - 7551	9364 - 9665
1209 - 1510	3323 - 3624	5438 - 5739	7552 - 7853	
1511 - 1812	3625 - 3927	5740 - 6041	7854 - 8155	

Figura 6.15 Índice Gravítico para o município de Sintra

O corredor, Massamá-Queluz (**Figura 6.17**) é fortemente sustentado pelo desenvolvimento do sistema viário e interseções existentes, resultando numa maior concentração nesses pontos.

A presença do palácio, que há muito conferiu a Queluz uma identidade muito específica, constitui uma âncora de estruturação do território que a torna a mais singular de todas as restantes do corredor urbano do município de Sintra.

A área central de Massamá foi aquela que registou os valores mais elevados no que toca a este índice, curiosamente, junto ao palácio de Queluz, estes valores são mais reduzidos.

No caso em específico, as estações ferroviárias existentes (Queluz-Belas e Monte Abraão), tiveram pouca importância na criação de centralidades de acordo com os resultados obtidos.

É possível verificar que os pontos centrais em Algueirão - Mem Martins (**Figura 6.18**), ocorrem na proximidade à estação ferroviária. Essa centralidade prolonga-se para Sudeste da linha ferroviária, reforçada pelas acessibilidades pré-existentes.

Em Algueirão - Mem Martins observa-se, (**Figura 6.18**), o centro bem delimitado, perdendo gradualmente importância com o distanciamento à ferrovia.

O edifício próximo da rotunda do Bela-Vista, em Mem Martins, assim como a via que se estende até à estação ferroviária das Mercês, exibem propriedades de lugares centrais, pelos resultados obtidos.

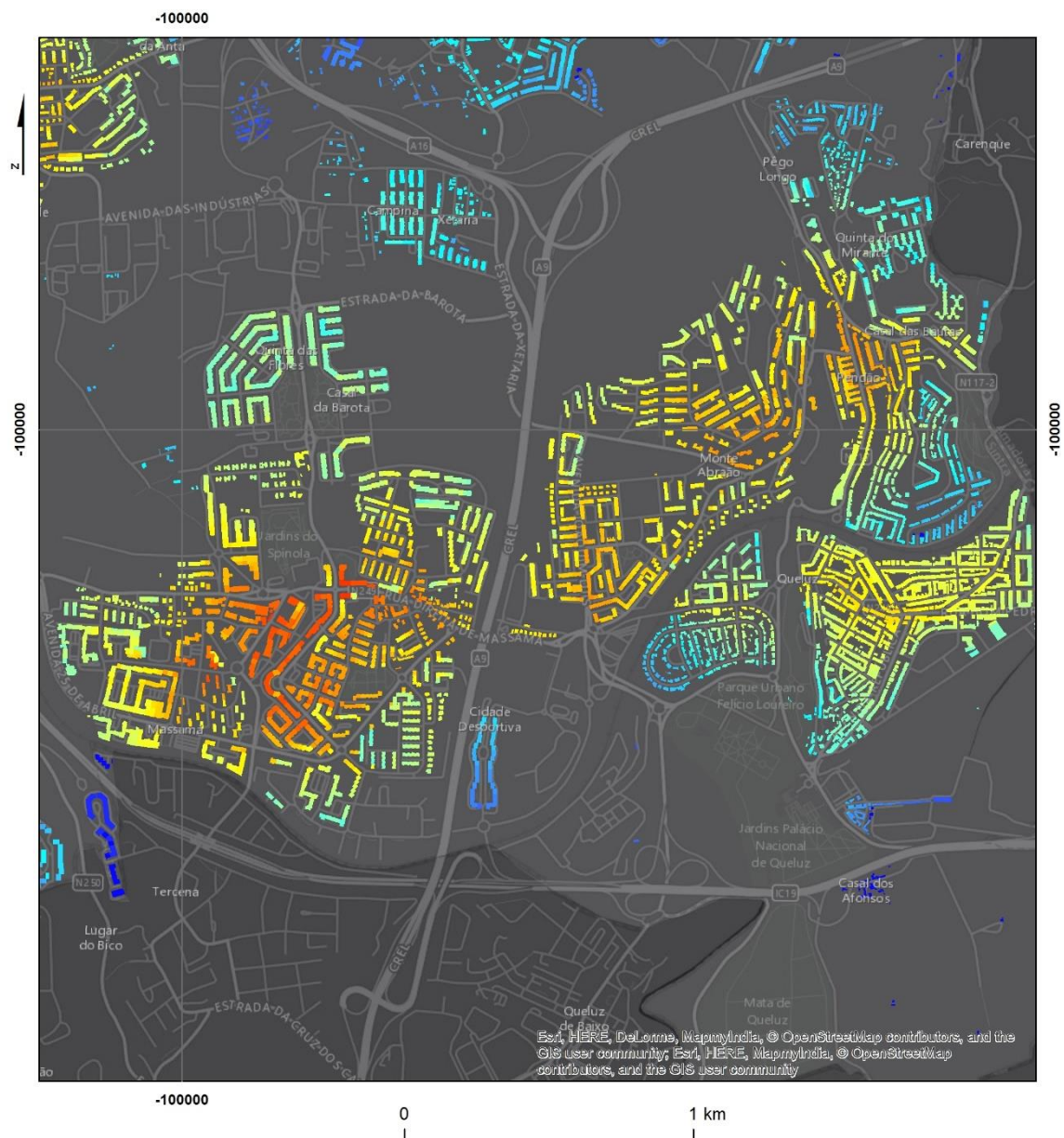
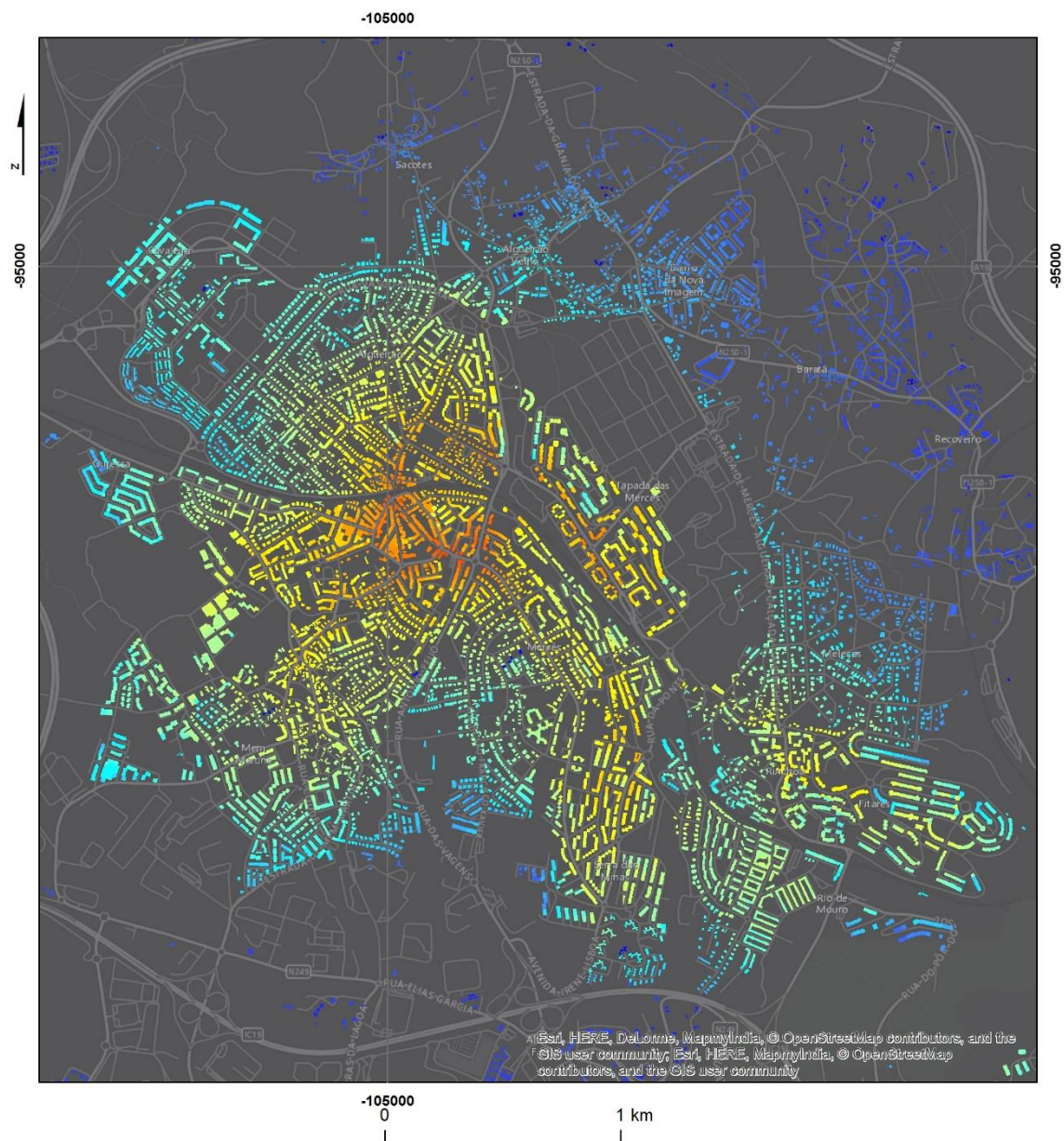


Figura 6.17 Índice Gravítico para Queluz-Belas e Massamá



Índice Gravítico				
0 - 302	1813 - 2114	3928 - 4229	6042 - 6343	8156 - 8457
303 - 604	2115 - 2416	4230 - 4531	6344 - 6645	8458 - 8759
605 - 906	2417 - 2718	4532 - 4833	6646 - 6947	8760 - 9061
907 - 1208	2719 - 3020	4834 - 5135	6948 - 7249	9062 - 9363
1209 - 1510	3021 - 3322	5136 - 5437	7250 - 7551	9364 - 9665
1511 - 1812	3323 - 3624	5438 - 5739	7552 - 7853	
	3625 - 3927	5740 - 6041	7854 - 8155	

Figura 6.18 Índice Gravítico Algueirão - Mem Martins

7 Considerações finais

A cidade inteligente é um tema de investigação, dos mais interessantes dos últimos anos.

Uma razão é a sua multidisciplinaridade e os impactos que os projetos de cidade inteligente podem trazer na vida das pessoas, nos seus aspetos sociais, económicos e tecnológicos.

A necessidade em lidar com os problemas que afetam a cidade e o seu crescimento, para oferecer à população uma melhor qualidade de vida e ao mesmo tempo tornar a cidade mais sustentável, é o princípio base da investigação no campo da cidade inteligente.

A cidade inteligente constitui um tema pioneiro, a nível científico e da sua aplicação à realidade. Este campo constitui ainda uma indefinição relativamente ao seu conceito, existindo diferentes definições consoante a academia consultada.

Estruturas governamentais, ao redor do globo, reúnem esforços para conceber um modelo de cidade inteligente, ou pelo menos, criar projetos inteligentes para a cidade.

O tema “cidade inteligente” ainda não atingiu um patamar de maturidade ideal que conduza a uma definição universalmente conciliadora.

A cidade inteligente corresponde a uma noção de cidade perfeita e utópica, onde a tecnologia, informação, governança, mobilidade, ambiente, conhecimento e as pessoas, dançam em perfeita simbiose. Todas estas questões são parte integrante dos projetos da cidade inteligente e constituem temas específicos e estratégicos, com foco na melhoria da qualidade de vida da população e do crescimento sustentável da cidade.

A rede urbana, e as questões da mobilidade com suporte das TIC, são só uma das componentes nucleares com reflexo na cidade inteligente. Atualmente os geógrafos modeladores procuram, na maioria dos casos, considerar uma vasta quantidade de fatores explicativos e parâmetros nos seus ensaios. A ferramenta UNA tem essa

premissa presente no seu desígnio, o imenso volume de dados aliados a um alto nível de automatização, permitiu gerar uma abordagem inovadora.

Esta ferramenta utiliza métodos de análise de redes que permitem estimar e descrever as relações espaciais entre pessoas, lugares e instituições.

Por exemplo, com o índice de alcance foi caracterizado o número de destinos (trajetos) a um conjunto de edifícios dentro de um raio definido e assim quantificar a facilidade de alcance aos edifícios circundantes, bem como aferir quais os locais mais densamente ocupados, os mesmos poderiam ser cruzados com os dados da população, e desta forma obter-se o número de residentes que podem facilmente alcançar um determinado lugar. Os resultados gerados por este índice constituem um forte indicador para a localização de um negócio, ou serviços.

Se considerarmos a centralidade *Betweenness*, foi possível obter uma estimativa sobre as vias e os edifícios que são mais propensos a serem atravessados em hora de ponta. Esta métrica pode ter utilidade na definição de estratégias e mitigação de problemas relacionados como o tráfego automóvel, assim como na definição dos padrões de tráfego que se desenvolvem pelas cidades.

Em relação ao índice de linearidade, este constitui um forte indicador de acessibilidade, pois define a facilidade em se alcançar os conjuntos de edifícios com menos interseções pelo caminho.

O índice gravítico constitui um indicador dos lugares com maior importância e atratividade na estrutura urbana. Com este índice é possível definir os lugares centrais numa cidade, ser aplicado como critério na avaliação do preço do solo nas diferentes áreas da cidade, podendo também ser útil na alocação de negócios.

Sintra apresenta um grande número de unidades residenciais, pelo que seria impossível conceber o cálculo destas métricas manualmente no âmbito deste estudo. A ferramenta UNA foi desenvolvida especificamente para automatizar o cálculo destes índices e assim tornar o processo mais ágil, rápido e igualmente preciso.

A ferramenta UNA descreve problemas complexos que afetam a cidade e os lugares, permitindo levantar questões fundamentais que promovam o pensamento crítico.

Esta ferramenta é indicada no apoio à definição de estratégias destinadas a melhorar a qualidade de vida da população e dos seus padrões de mobilidade.

Previamente à execução do cálculo das métricas, teve lugar o cálculo da importância que o edificado tem na rede viária. Desta forma foi elaborada uma estimativa da população residente por unidade habitacional. O facto de se ter optado pela estimativa da distribuição da população residente e não outra variável, como por exemplo a dimensão do edifício, uma das possibilidades, deve-se ao facto desta estimativa representar um valor mais aproximado do peso real que o edificado exerce sobre a rede viária.

Num cenário hipotético, caso fosse utilizada a dimensão do edificado como peso, o que poderia suceder seria que um determinado edifício com uma grande área bruta de construção teria um peso elevado sobre a rede, no entanto, o mesmo, segundo dados das subsecções estatísticas BGRI, afirma que o mesmo lote não seria proporcionalmente populoso comparativamente ao lote de edifícios vizinhos, que apesar de terem uma dimensão mais reduzida, tinham número de indivíduos residentes mais elevado, sendo assim, caso fosse utilizada a dimensão do edificado neste cenário estar-se-ia a passar uma informação de entrada para o modelo menos aproximada do valor real do peso do edificado, o que poderia trazer certos problemas na apresentação dos resultados em alguns casos específicos.

A estimativa do número de residentes por unidade residencial, posteriormente utilizada como peso no modelo de cálculo, tem ainda outras finalidades. A de ser uma precisa base de dados geográficos para análises de proximidade.

A base construída apresentou algumas características singulares. Através da definição de áreas de serviço de uma proposta de um parque urbano para a Praia das Mações, utilizando a estimativa do número de pessoas por edifício como base para obtenção da população servida, foi possível aferir um conjunto de particularidades: Esta base tem como princípio a relação direta e positiva entre os elementos estatísticos

e a área bruta de construção, ou seja, quanto maior a área bruta de construção, maior a capacidade de um edifício em ter indivíduos a residir no mesmo, essa mesma “capacidade” é assumida pelo modelo como uma certeza, todavia, em casos específicos, um edifício num dado momento pode estar desocupado e mesmo assim é-lhe associado um valor relativo de residentes. Este constituiu um dos problemas levantados *à priori* sobre o modelo criado. No entanto esta base tem vantagens que são o de acrescentar valor à análise, providenciando resultados mais precisos em relação ao método de análise de proximidade, que utiliza a informação de base relativas às subsecções estatísticas BGRI.

O motivo que leva a que este método apresente um maior nível de acuidade relaciona-se com a facilidade na exploração dos dados espaciais e também na distribuição do edificado pelo território (cartografia dasimétrica), pois a mesma considera que existem pontos de maior e menor concentração no que diz respeito à distribuição dos indivíduos residentes pelas suas unidades de residência. Por outro lado, o método que utiliza as subsecções sem tratamento prévio, assumem uma distribuição linear independentemente da dimensão da área intersetada.

Depois de serem definidos todos os parâmetros, e introduzidas todas as variáveis para o cálculo das métricas, deu-se lugar à análise dos resultados.

De um modo geral, o índice de alcance demonstrou alguma dispersão nos lugares analisados, como seria espectável, com as áreas mais densamente ocupadas pelo edificado a registarem valores mais elevados.

Algueirão - Mem Martins é a cidade que demonstrou uma maior frequência de valores nas classes mais elevadas no índice de alcance, relativamente às cidades analisadas.

A métrica referente à centralidade *Betweenness*, teve os valores mais elevados em Agualva-Cacém, especificamente na Avenida dos Bons Amigos. Esta avenida é conhecida pelo congestionamento automóvel nas horas de ponta. Este conhecimento da realidade ajudou a demonstrar a validade do modelo.

Em Algueirão - Mem Martins, comparativamente a Agualva-Cacém, esta métrica não mostrou resultados tão elevados, no entanto foi possível constatar certas

particularidades da sua estrutura urbana. Algueirão - Mem Martins é um centro urbano fortemente orientado para a utilização do transporte público, nomeadamente o transporte ferroviário, facto que foi constatado pelos valores mais elevados que se estenderem até ao ponto central, correspondente à estação de ferroviária.

Com o índice gravítico constatou-se que os resultados obtidos validaram a ideia de que as cidades do município de Sintra, mais concretamente o seu eixo urbano, não são uma estrutura única, mas um *continuum* urbano de organização multi-central.

Em Massamá e Queluz-Belas foi registada a existência de dois centros urbanos bem delineados já para Algueirão - Mem Martins, de acordo com o modelo, as estações ferroviárias, tanto de Algueirão - Mem Martins como das Mercês, constituem fortes geradores de centralidades. Agualva-Cacém registou uma área central mais abrangente relativamente aos restantes lugares em análise.

Referências Bibliográficas

- ABB & EUROPEAN HOUSE-AMBROSETTI (2012) Smart cities in Italy: An opportunity in the spirit of the Renaissance for a new quality of life.
- Abdoullaev, A. (2011). A smart world: A development model for intelligent cities. In The 11th IEEE international conference on computer and information technology, 31 August–02 September 2011, Pafos, Cyprus
- ALAWADHI, S., et. al. (2012) Building understanding of smart city initiatives “Electronic Government”. Springer. Berlin pp. 40–53.
- AL-HADER, M. & RODZI, A. (2009) The smart city infrastructure development and monitoring. Theoretical & Empirical Researches in Urban Management, 2, 11.
- ALLEN. PA, (1981) The evolutionary paradigm of dissipative structures. In: Jantsch E (ed) The Evolutionary Vision. Westview Press. boulder. pp 25–71
- ALLWINKLE, S., & CRUICKSHANK, P. (2011) Creating smarter cities: An overview. Journal of Urban Technology, 18, 1–16. Amsterdam smart city (2013). Amsterdam smart city
- ANGELIDOU. M (2014) Smart city policies: A spatial approach. Elsevier. Thessaloniki
- ARCINIEGAS, G., JANSSEN, R. & RIETVELD, P. (2012) Effectiveness of collaborative map-based decision support tools: Results of an experiment. Environmental Modelling & Software(0). doi:10.1016/j.envsoft.2012.02.021.
- ARENA, M., CHELI, F., ZANINELLI, D., ARENA, A., LAMEDICA, R., PICCOLO, A. (2013) Smart mobility for sustainability. In: AEIT Annual Conference 2013: Innovation and Scientific and Technical Culture for Development, AEIT
- AUERBACH, F. (1913) Das Gesetz der Bevölkerungskonzentration. PeterMANNs Geograph Mittl 59. pp 74–76
- BATTY, M. & LONGLEY, P. (1994) Fractal Cities. Academic Press. London
- BATTY, M. (2005) Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models, and Fractals. MA. MIT Press. Cambridge

- BATTY, M., AXHAUSEN, K., FOSCA, G., POZDNOUKHOV, A., BAZZANI, A., WACHOWICZ, M., *et al.* (2012) Smart cities of the future. UCL Centre for Advanced Spatial Analysis, 188.
- BEHN, R. D. (2003) Why measure performance? Different purposes require different measures. *Public Administration Review*, 63(5), 586–606.
- BENINGTON, J., & MOORE, M. H. (Eds.) (2010) *Public value: Theory and practice*. Palgrave Macmillan. Basingstoke.
- BERRY, BB. & HORTON, FE. (1970) *Geographic Perspectives on Urban Systems*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs
- BERTALANFFY, L. (1968) *General System Theory*. New York: George Braziller
- BOUCKAERT, G. & HALLIGAN, J. (2008) *Managing Performance. International Comparisons*. London: Routledge.
- BOURNE LS. & SIMMONS JW. eds (1978) *Systems of Cities: Readings on Structure, Growth, and Policy*. Oxford Univ Press Oxford, New York:
- BRANDES, U. (2001) A faster Algorithm for Betweenness Centrality. *Journal of Mathematical Sociology*, Volume: 25(Issue: 2), Pages: 163-177.
- BUDDE. P, (2014) “Smart Cities of Tomorrow”, In Pardalo, P & Rassia, S.(eds) (2014) *Cities for Smart Environmental and Energy Futures*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp 9-11
- BURGESS, EW. (1927) The determination of gradients in the growth of the city. *Am Sociol Soc Publ* 21. pp 178–184
- CAMAGNI, R., CAPELLO, R., & NIJKAMP, P. (1998) Towards sustainable city policy: an economy-environment technology nexus. *Ecological Economics*, 24(1), 103–118.
- CARAGLIU, A., BO, C. DEL, & NIJKAMP, P. (2011) Smart cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82.

- CASALINO, N., BUONOCUORE, F., ROSSIGNOLI, C., RICCIARDI, F. (2013) Transparency, openness and knowledge sharing for rebuilding and strengthening government institutions. IASTED Multiconferences—Proceedings of the IASTED International Conference on Web-Based Education, WBE, pp. 866–871.
- CHOURABI, H. *et al.* (2012) Understanding smart cities: an integrative framework. IEEE 45th Hawaii International Conference on System Science (HICSS).
- CHRISTALLER, W. (1933, 1966) Central Places in Southern Germany. Cliffs, NJ. Prentice Hall. Englewood
- COSTA, N. (2007) Mobilidade e transporte nas áreas urbanas. O caso da área metropolitana de Lisboa. Dissertação de doutoramento em Geografia Humana, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- DAMERI, R. P. (2012) Defining an evaluation framework for digital cities implementation. IEEE International Conference on Information Society (i-Society).
- DAMERI, R. P., & COCCHIA, A. (2013) Smart city and digital city: twenty years of terminology evolution. Proceeding of ITAIS conference. Milano
- DAMERI, R. ROSENTHAL-SABROUX, C. (2014) Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space, Progress in IS, Springer, New York.
- DAVIS, G. F., YOO, M., & BAKER, W. E. (2003) The small world of the American corporate elite, 1982-2001, *Strateg. Organ.* 1, 301-326
- DOMINICI, G. (2012) Smart cities nuova moda o vera opportunità? In *Urbanistica Informazioni* n. 243
- ERLANDER S. & STEWART N.F. (1990) The Gravity Model in Transportation Analysis - Theory and Extensions. Topics in Transportation, VSP Books.
- FONDAZIONE AMBROSETTI. (2012) Smart Cities in Italy: An Opportunity in the Spirit of the Renaissance for a New Quality of Life. ABB-The European House Ambrosetti.
- FREEMAN, LINTON C. (1977) "A set of measures of centrality based on betweenness." *Sociometry* 40: 35-41.

- GEERTMAN, S. (2006) Potentials for planning support: A planning-conceptual approach. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 33(6), 863–881.
- GEERTMAN, S., & STILLWELL, J. (2009) *Planning support systems; Best practice and new methods*: Vol. 95. The GeoJournal Library. Springer. New York
- GEERTMAN, S., FERREIRA, J., GOODSPEED R. & STILLWELL, J. (2015) *Planning Support Systems and Smart Cities*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer, New York.
- GIBRAT, R. (1936) La science économique – methodes et philosophie. In: *Actes du Congrès International de Philosophie Scientifique*. Hermann & Cie Editeurs. Paris. pp 22–31
- GIFFINGER, R., FERTNER, C., KRAMAR, H., KALASEK, R., PICHLER-MILANOVIĆ, N., & MEIJERS, E. (2007) *Smart Cities. Ranking of European Medium-Sized Cities*. Vienna, Austria: Centre of Regional Science of Vienna, Vienna University of Technology
- GOODSPEED, R. (2013) *Planning support systems for spatial planning through social learning*. PhD Thesis. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.
- GOODSPEED, R. (2015) Smart cities: moving beyond urban cybernetics to tackle wicked problems. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 8(1), 79–92.
- GRANELLI, A. (2012) *Città intelligenti? Per una via italiana alle Smart Cities*. Sossella. Bologna
- RATTI C, Sassen S (2009) *le megacittà iperconnesse*. Aspenia. 44
- GREENE, JC, (1981) *Science, Ideology and World View*. Univ of California Press. Berkeley
- HAGGETT, P. (1972) *Geography: A modern Synthesis*. Harper and Row. London
- HANDY S., NIEMEIER A.D. (1997). Measuring Accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A*, 29, p. 1175-1194.
- HANSEN, W. G. (1959) How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Planning Association*, 25(2), 73-76.
- HARARY, F. (1969) *Graph Theory*. Massachusetts: Addison-Wesley.

- HARRIS, B., & BATTY, M. (1993) Locational models, geographic information and planning support systems. *Journal of Planning Education and Research*, 12(3), 184.
- HARRIS, CD. & ULLMANN, EL. (1945) The nature of cities. *Ann Am Acad Pol Soc Sci* 242. pp 7–17
- HARRISON, C., & DONNELLY I. A. (2011) A theory of smart cities. In *Proceedings of the 55th Annual Meeting of the International Society for the Systems Sciences*. Hull, UK.
- HENSHALL, J. D. (1967) Models of industrial activity in Chorley, R. J. and Haggett, P., eds, *Models in Geography (Madingley Lectures)*, Methuen.
- HOLLANDS, R. G. (2008) Will the real smart city please stand up? *City*, 12, 303–320.
- HOYT, H. (1939) *The Structure and Growth of Residential Neighborhoods in American Cities*. Federal Housing Administration. Washington, DC.
- HUFF D. (1963) A Probabilistic Analysis of Shopping Center Trade Areas. *Land Economics*, Vol. 39, No. 1, p. 81-90.
- ISARD W. (1956) *Location and Space Economy*. Cambridge/New York: Technology Press-MIT/ Wiley
- ISHIDA, T. (2002) Digital city Kyoto. *Communications of the ACM*, 45(7), 76–81.
- JENKS, M., & DEMPSEY, N. (eds). (2005) *Future forms and design for sustainable cities*. Routledge. London
- KITCHIN, R. (2013) The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal*, 79, 1–14.
- KLOSTERMAN, R. E. (1997) Planning support systems: a new perspective on computer-aided planning. *Journal of Planning Education Research*, 17(1), 45–54.
- KOMNINOS, N. (2006) The architecture of intelligent cities: integrating human, collective and artificial intelligence to enhance knowledge and innovation. In *2nd IET International Conference on Intelligent Environments*, IE 06. (Vol. 1). IET.
- KOMNINOS, N. (2008) *Intelligent Cities and Globalization of Innovation Networks*. Taylor & Francis. New York

- LEBAS, M. J. (1995) Performance measurement and performance management. *International Journal of Production Economics*, 41, 23–35.
- LEYDESDORFF, L., & DEAKIN, M. (2011) The triple-helix model of smart cities: a neo-evolutionary perspective. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 53–63.
- LÖSCH, A. (1954) *The Economics of Location*. New Haven. Yale Univ Press
- LOTKA, A. (1924) *Elements of Mathematical Biology*. Dover. New York:
- MARCH, L., & STEADMAN, P. (1971) *The geometry of environment: an introduction to spatial organization in design* (p. 360 p.). London, RIBA Publications
- MECHANT, P., MECHANT, I., EVENS, T., VERDEGEM, P. (2012) E–deliberation 2.0 for smart cities: a critical assessment of two ‘idea generation’ cases. *Int. J. Electron. Govern.* 5(1), 82–98
- MOORE, M. H. (1995) *Creating public value: Strategic management in government*. Harvard University Press. Cambridge
- MORGADO, P. (2010) *Efeito estruturante das redes de transporte no território – Modelo de análise*. Dissertação de doutoramento em Geografia Humana, Universidade de Lisboa, Lisboa
- MORRILL R.L. (1965) The negro ghetto: problems and alternatives. *Geogr Rev*55: 339–369
- NAM, T., & PARDO, T.A. (2011) Smart city as urban innovation: focusing on management, policy, and context. *Proceedings of the 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. ACM.
- NAM, T., PARDO, T.A. (2011) Smart city as urban innovation: focusing on management, policy, and context. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*. ACM
- NEIROTTI, P., DE MARCO, A., CORINNA, CAGLIANO, A., MANGANO, G., & SCORRANO, F. (2014) Current trends in smart city initiatives: Some stylized facts. *Cities*, 38, 25–36.

- NEWMAN, M.E.J. (2010) Networks an introduction. University of Michigan and Santa Fe Institute. Oxford Press. New York. pp 168 – 190
- O'FLYNN, J. (2007) From new public management to public value: paradigmatic change and managerial implications. *Australian journal of public administration*, 66(3), 353–366.
- OLSSON, I. (1975) On methods concerning marine benthic meiofauna. *Zoon* 3: 49-60.
- Hägerstrand, T. (1967) *Innovation Diffusion as a Spatial. Process*. Chicago University Press. Chicago
- PARK, RE. (1925, 1967) *The City*. Chicago Univ Press. Chicago
- PASKALEVA, K. A. (2009) Enabling the smart city: the progress of city e-governance in Europe. *International Journal of Innovation and Regional Development*, 1(4), 405–422.
- PELZER, P., & GEERTMAN, S. (2014) Planning support systems and interdisciplinary learning. *Planning Theory & Practice*, 15(4), 1–16.
- PORTA S., STRANO E., LACOVIELLO V., MESSORA R., LATORA V., CARDILLO A., WANG F. *et al.* (2009) Street centrality and densities of retail and services in Bologna, Italy. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36, p. 450-465
- PORTA, S., Crucitti, P., & LATORA, V. (2005) The network analysis of urban streets: a primal approach. *Environment and Planning B*, 35(5), 705-725
- PORTUGALI J (1985b) Parallel currents in the natural and social Sciences. In: PORTUGALI J (ed) *Links Between Natural and Social Sciences. A special theme issue of Geoforum* 16(2): 227–238
- PORTUGALI, J. (2011) *Complexity, Cognition and the City*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg pp 23-34
- PUMAIN, D. (2006) *Hierarchy in Natural and Social Sciences*. Springer. Berlin
- REILLY WJ. (1931) *The Law of Retail Gravitation*. New York: Knickerbocker Press

- ROCHA, J. (2012) *Sistemas Complexos, Modelação e Geosimulação da Evolução de Padrões de Uso e Ocupação do Solo*. Tese de Doutoramento em Geografia, Universidade de Lisboa, Lisboa.
- SANSEVERINO, E. SANSEVERINO, R. VACCARO, V. & ZIZZO, G. (2014) *Smart Rules for Smart Cities: Managing Efficient Cities in Euro-Mediterranean Countries*, Sxl – Springer for Innovation, Volume 12, Springer, New York.
- SCIULLO, A., OCCELLI, S. (2013) Collecting distributed knowledge for community's smart changes. *TeMA. J. Land Use Mob. Environ.* 6(3), 293–309
- SEVTSUK, A. (2010) *Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA*. "PhD Dissertation. Cambridge: MIT.
- SEVTSUK, A., MEKONNEN, M. (2012) "Urban Network Analysis Toolbox ", *International Journal of Geomatics and Spatial Analysis*, vol. 22, no. 2, pp. 287-305
- SILVA, F. (2008) Ordenamento do território, sistemas de transportes e mobilidade urbana, in *Manual de Metodologias e boas Práticas para a Elaboração de um Plano de Mobilidade Sustentável* (pp. 67-73); QQR MARE, Sub-projecto TRAMO.
- SOO, KT. (2005) ZIPF's law for cities: a cross-country investigation. *Reg Sci Urban Econ* 35(3). pp 239–263
- SORRENTINO, M. & NIEHAVES, B. (2010) Intermediaries in E-inclusion: a literature review. Paper presented at the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-43, 2010), IEEE. Kauai, Hawaii, USA,.
- SORRENTINO, M. & NIEHAVES, B. (2010) Intermediaries in E-Inclusion: a literature review. Paper presented at the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences
- STEWART, JQ. (1948) Demographic Gravitation: Evidence and Applications. *Sociometry* 11(1/2): 31–58
- TE BROMMELSTROET, M. (2013) Performance of planning support systems: What is it, and how do we report on it? *Computers, Environment and Urban Systems*, 41, 299–308.
- TOWNSEND, M. (2013) *Smart Cities: Big Data, civic hackers, and the quest for new utopia*. W. W. Norton & Company, New York

- VIGAR, G. (2002) *The Politics of Mobility*. Londres, Spon Press.
- VONK, G., GEERTMAN, S., & SCHOT, P. (2005) Bottlenecks blocking widespread usage of planning support systems. *Environment and Planning A*, 37(5), 909–924.
- VRAGOVIC, I., LOUIS, E., & DIAZ-GUILERA, A. (2005) Efficiency of information transfer in regular and complex networks. *Physics Review E*, 71(026122).
- WADDELL P., ULFARSSON G.F. (2003) *Accessibility and Agglomeration: Discrete-Choice Models of Employment Location by Industry Sector*. Washington DC.
- WALRAVENS, N., & BALLON, P. (2013) Platform business models for smart cities: from control and value to governance and public value. *IEEE Communications Magazine*, 51, 6.
- WILSON AG (1970) *Entropy in Urban and Regional Modelling*. London: Pion
- WIRTH, L. (1938) Urbanism as a Way of Life. *Am J Sociol* XLIV: 1–24
- ZIPF, GK. (1949) *Human Behavior and the Principle of Least Effort*. Cambridge MA. Addison-Wesley
- ZYGIARIS, S. (2013) Smart city reference model: assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. *Journal of the Knowledge Economy*, 4(2), 217–231